



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**YAGO DA CRUZ IGNACIO**

**VIRTUAL LAB: LABORATÓRIO DE QUÍMICA EM REALIDADE VIRTUAL COMO  
FERRAMENTA DE APOIO AO ENSINO**

**QUIXADÁ**  
**2019**

YAGO DA CRUZ IGNACIO

VIRTUAL LAB: LABORATÓRIO DE QUÍMICA EM REALIDADE VIRTUAL COMO  
FERRAMENTA DE APOIO AO ENSINO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação. Área de concentração: Computação.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Paulyne Matthews Jucá.

QUIXADÁ

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

I27v Ignacio, Yago da Cruz.  
Virtual lab: laboratório de química em realidade virtual como ferramenta de apoio ao ensino / Yago da Cruz Ignacio. – 2019.  
40 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Curso de Ciência da Computação, Quixadá, 2019.  
Orientação: Profa. Dra. Paulyne Matthews Jucá.

1. Química. 2. Realidade virtual. 3. Jogos de Computador - Desenvolvimento. 4. Unreal Engine. I.  
Título.

CDD 004

---

YAGO DA CRUZ IGNACIO

VIRTUAL LAB: LABORATÓRIO DE QUÍMICA EM REALIDADE VIRTUAL COMO  
FERRAMENTA DE APOIO AO ENSINO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação. Área de concentração: Computação.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Paulyne Matthews Jucá (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Arthur de Castro Callado  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Rubens Fernandes Nunes  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A mim mesmo.

Aos meus pais, Elisabete e Valmir.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, por não me deixarem desistir e sempre me motivarem.

A minha orientadora Prof<sup>ª</sup>. Dra. Paulyne Matthews Jucá, pela excelente orientação.

“Any time that we turn a child off to learning rather than awakening their intellectual curiosity, we’ve failed” (Kurt Squire)

## RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um jogo para a prática de experimentos químicos com Realidade Virtual utilizando celulares *Android* como visor e controle. O alto investimento de capital em equipamentos para práticas relacionadas a química e os riscos que envolvem aulas em laboratórios foram a motivação para procurar uma solução que fosse acessível para todos os públicos. Foram feitas pesquisas para achar qual seria a melhor solução baixo com baixo custo, mas sem comprometer a qualidade. O jogo foi implementado na Unreal Engine utilizando as informações disponibilizadas pela Google e pela Epic Games, desenvolvedora da *engine*.

**Palavras-chave:** Química. Realidade virtual. Desenvolvimento de jogos. Unreal Engine

## ABSTRACT

This paper presents the development of a game for the practice of chemical experiments with Virtual Reality using *Android* phones as display and controllers. The large capital investment in equipment for chemistry-related practices and the risks involved in laboratory classes, were the motivation to look for a solution that was accessible to all audiences. Research has been done to find the best low-cost solution, but without compromising on quality. The game was implemented with Unreal Engine using information provided by Google and Epic Games, the *engine* developer.

**Keywords:** Chemistry. Virtual Reality. Game development. Unreal Engine

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Google Cardboard.....	15
Figura 2 - Google Expedições.....	16
Figura 3 - Tela inicial do editor da Unreal Engine.....	17
Figura 4 – Apertar o botão para as funções de pegar e soltar objetos.....	18
Figura 5 – Exemplo de <i>Blueprint</i> de Fase.....	19
Figura 6 – <i>Blueprint</i> de Classe.....	19
Figura 7 - Nanopartícula de óxido de iridium (esquerda), e equilíbrio termal de Spironaphopyran (SNP) utilizando o HTC Vive (direita).....	21
Figura 8 - Tabuleiro do Autorama da Química.....	22
Figura 9 - Exemplo de Cartela de Bingo Atômico.....	23
Figura 11 – <i>Assets</i> de laboratório.....	29
Figura 12 – Exemplo de cena utilizando os <i>assets</i> .....	29
Figura 13 – Resultados da pergunta aberta 1.....	34
Figura 14 – Resultados da pergunta aberta 2.....	34

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	14
2.1	Jogos de Realidade Virtual.....	14
2.2	Jogos Educativos .....	15
2.3	<i>Game Engines</i> .....	17
2.3.1	<i>Blueprints</i> .....	18
2.3.2	<i>Blueprint de Fase</i> .....	18
2.3.3	<i>Blueprint de Classe</i> .....	19
3	TRABALHOS RELACIONADOS.....	21
3.1	NOMAD VR: Multiplatform Virtual Reality Viewer for Chemistry Simulations. .	21
3.2	Autorama Da Química: Uma Proposta Lúdica Para O Ensino De Princípios De Química.....	22
3.3	Uso Do Jogo “Bingo Atômico” Como Auxílio Para Compreensão Do Conteúdo Das Características Atômicas.....	23
4	OBJETIVOS.....	25
4.1	Objetivo Geral.....	25
4.2	Objetivos Específicos.....	25
5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	26
5.1	Análise e decisão dos equipamentos a serem utilizados em VR e da Game Engine	26
5.2	Prototipagem para avaliar a viabilidade do ambiente escolhido .....	26
5.3	Game Design .....	26
5.4	Desenvolver o Jogo .....	27
5.5	Avaliação do Jogo.....	27
6	DESENVOLVIMENTO .....	28
6.1	Requisitos .....	28
6.2	Projeto e Análise.....	28
6.3	Implementação .....	29
7	RESULTADOS .....	32
8	TRABALHOS FUTUROS.....	35
9	CONCLUSÃO .....	36
	REFERÊNCIAS.....	37
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO .....	39

## 1 INTRODUÇÃO

A popularidade dos jogos eletrônicos vem crescendo muito entre os jovens durante os últimos anos. Isso se dá pelo fato de as tecnologias estarem bem mais acessíveis do que há dez anos. Há também um crescimento na popularização dos jogos 3D e de Realidade Virtual, o que torna possível a simulação de ambientes reais em ambientes virtuais, a partir da utilização de equipamentos de realidade virtual.

Segundo GIGANTE (1993), Realidade Virtual - RV (*Virtual Reality - VR*) pode ser definida pela ilusão de participação em um ambiente sintético ao contrário da observação externa de tal ambiente. A realidade virtual depende de seus equipamentos, que são geralmente compostos por *displays* tridimensionais, estereoscópicos e giroscópicos, sensores de rastreamento de posição de mão e de corpo e som binaural, que é a reprodução ou transmissão onde pelo menos duas fontes de som são usadas para dar um efeito de profundidade, mais conhecido por som estéreo.

Segundo CARRYBERRY (2008), o que separa um jogo sério de um jogo de entretenimento é o foco em um resultado de aprendizado específico e intencional para alcançar mudanças de performance e comportamento sérias, mensuráveis e continuadas. Muitos professores e pesquisadores da área como a Professora Tizuko Kishimoto, acreditam que os jogos, com suas diferentes formas de apresentar um mesmo conteúdo, devem ser introduzidos na vida das crianças da era digital. Jogos educativos são muito comuns hoje em dia, podendo ser citados TiViTz<sup>1</sup> na área da matemática, Google Expedições<sup>2</sup> na área da Geografia e InCell<sup>3</sup> na Química.

O problema de ensinar química está no momento em que substâncias perigosas são envolvidas no processo, já que é necessária uma grande cautela, equipamentos de segurança e um treinamento por parte do professor ou educador, da atividade que será realizada. Além do mais, existe também o problema de ser algo custoso, já que todos os equipamentos e substâncias são produtos caros em grande quantidade, e foi nesses aspectos que esse projeto toma como base. Desenvolver uma solução que seja mais acessível e segura para que seja possível até ensinar alunos do Ensino Fundamental, que seria utilizando um jogo em realidade virtual.

A ideia deste trabalho é criar um laboratório de química virtual, onde seja possível aos

---

<sup>1</sup> <https://www.tivitz.com>

<sup>2</sup> <https://edu.google.com/products/vr-ar/expeditions/>

<sup>3</sup> <https://luden.io/incell>

alunos visualizarem misturas e reações químicas sem que sejam expostos a tais substâncias. O público-alvo principal são alunos e professores de ensino fundamental que queiram introduzir o assunto a seus estudantes de uma forma segura e divertida. O resultado esperado para este projeto é o desenvolvimento de um jogo em realidade virtual que simula um laboratório de química e que seja possível interagir com tais substâncias para observar as reações que são causadas pelas mesmas.

Esse trabalho está organizado da seguinte forma: o capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, que são os tópicos principais deste trabalho. O capítulo 3 apresenta três trabalhos relacionados com este. O capítulo 4 apresenta o objetivo geral e específicos do trabalho. O capítulo 5 descreve os procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho. O capítulo 6 apresenta o desenvolvimento do trabalho, indo desde a fase de análise até o produto final. O capítulo 7 apresenta os resultados obtidos com o teste feito com usuários. O capítulo 8 apresenta as considerações finais e conclusão do trabalho, e por fim, o capítulo 9 apresenta as considerações futuras para este trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, serão explicadas quais foram as decisões tomadas em relação à escolha da *Game Engine*, equipamento de realidade virtual a ser utilizado e o público-alvo.

*Game Engine*, em português, Motor de Jogos, é o que chamamos o programa que nos permite produzir jogos do zero. Eles incluem um motor gráfico que nos permite renderizar telas em 2D ou 3D, motor de física para a programação de colisões, entre outros. A *Engine* que será utilizada neste trabalho é a Unreal, porque ela dá suporte ao desenvolvimento de jogos de realidade virtual que também dependem de equipamentos externos de realidade virtual.

Equipamentos de realidade virtual, mais conhecidos apenas por “Óculos de Realidade Virtual”, são na verdade um conjunto de equipamentos e sistemas que permite que sejam simuladas as sensações da vida real num mundo virtual, daí o nome “Realidade Virtual”. Estes equipamentos são compostos geralmente por um visor para a simulação da visão, um fone de ouvido para a audição e de um a dois controles com sensores giroscópicos e/ou acelerômetro para a simulação do movimento dos braços.

O público-alvo é uma das decisões mais importantes do projeto, pois ele pode mudar completamente o rumo no qual o projeto tomará, se for um jogo para crianças os temas e tópicos tem que ser abordados de forma que as pessoas dessa faixa etária se interessem e consigam compreender o que estão fazendo.

### 2.1 Jogos de Realidade Virtual

Para explicar jogos de realidade virtual é necessário primeiro explicar a diferença entre a realidade virtual e a realidade aumentada. Segundo MILGRAN E KISHINO (1994), a realidade aumentada acontece quando é adicionado elementos virtuais em um ambiente real, já a realidade virtual, é o acréscimo de realidade em um ambiente virtual. A realidade virtual foca na virtualização do ambiente real, ou seja, na simulação dos sentidos humanos em um ambiente real, seja ele o tato, visão, etc.

Jogos de Realidade Virtual são uma das inúmeras maneiras de se desenvolver um jogo e que está sendo recentemente explorada. Os desafios que são encontrados atualmente ao desenvolver um jogo em realidade virtual, são os equipamentos utilizados para a aplicação. Equipamentos de realidade virtual são muito caros, o que os deixa disponíveis apenas a uma pequena parcela da população. Estes equipamentos são compostos normalmente por algo que

é chamado de óculos de Realidade Virtual, que permite visualizar o que acontece dentro do jogo em um formato 3D, um fone de ouvido para simular os sons de dentro do jogo e um controle que possa simular a movimentação tridimensional (Rotação e Translação). Empresas de jogos costumam utilizar equipamentos de última geração como Oculus Rift, Playstation VR, HTC Vive, entre outros, mas para empresas e projetos de menor porte, que geralmente tem menos recursos, há alternativas mais acessíveis como o Google Cardboard. (Vide figura 1).

Figura 1 - Google Cardboard



Fonte: <https://arvr.google.com/cardboard/>

A vantagem da arquitetura escolhida é a praticidade e a economia feita por poderem ser usados dois celulares *Android* e não equipamentos de última geração que custam milhares de reais, a desvantagem é que não podem ser quaisquer celulares *Android*, eles precisam ser recentes (foi testado com Galaxy S8) para que o celular possa rodar a aplicação sem nenhum problema. A Google disponibiliza uma lista com os celulares considerados prontos para a utilização com realidade virtual e os chama de *Daydream-ready*<sup>4</sup>.

## 2.2 Jogos Educativos

Para entender melhor o que são jogos educativos, é preciso primeiro entender qual a necessidade de se estudar e criar jogos para a educação. Segundo SQUIRE (2011), estudar

---

<sup>4</sup> <https://arvr.google.com/daydream/smartphonevr/phones/>

jogos pode contribuir na busca educacional de atingir o estudante da era digital. Ele também diz que os jogos têm potenciais únicos de ensino e aprendizado incomparáveis com nenhum outro meio e acredita que jogar auxilia no crescimento intelectual e social do jogador a longo prazo.

Tizuko Kishimoto, Professora titular de graduação e pós-graduação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), nas áreas de brinquedo, educação infantil e formação de professor diz que

[...] o mundo digital é a nova ferramenta do ser humano. Brinquedos da era digital são importantes para a emergência dessa nova forma de letramento. Sons, imagens, movimento e interatividade somam-se às letras, criando um mundo com novos “textos” que a criança da “era net” deve ter acesso. (KISHIMOTO, 2009)

Hoje, existem inúmeros jogos educativos em diversas áreas da educação com diversos tipos de tecnologias diferentes como Realidade Virtual e Realidade Aumentada (RA). A Google, 4ª maior empresa de tecnologia do mundo em 2019 segundo a Forbes<sup>5</sup>, também investiu na criação de aplicações voltadas para a educação com RV e RA, sendo um dos mais famosos o Google Expedições.

Figura 2 - Google Expedições



Fonte: <https://edu.google.com/products/vr-ar/expeditions/>

<sup>5</sup> <https://forbes.com.br/listas/2019/05/global-2000-os-maiores-da-tecnologia-em-2019/>

Nele, a RV permite visualizar os locais mais famosos do mundo em 3D enquanto que a RA dá vida aos conceitos abstratos e destaca locais importantes para uma melhor visualização.

### 2.3 Game Engines

*Game Engine* é o software que permite um desenvolvedor de jogos criar todas as funções do jogo além de poder criar todo o *design* e como ele se comporta ao decorrer do jogo. Existem várias *Game Engine*, entre elas, as mais conhecidas são a Unity feita pela Unity Technologies e a Unreal Engine feita pela Epic Games.

Figura 3 - Tela inicial do editor da Unreal Engine



Fonte: <https://docs.unrealengine.com/en-US/Engine/UI/LevelEditor/index.html>

Em ambas, é possível criar um jogo AAA, que é a classificação dada ao jogo que utiliza dos maiores orçamentos e que se espera que esteja entre os melhores do ano.

Neste projeto, será utilizada a Unreal Engine, pelo fato de ela ser majoritariamente programada em C++, ao contrário da Unity que geralmente é utilizado C#. A Unreal também tem uma funcionalidade chamada *Blueprint*, que permite que o desenvolvedor crie as funcionalidades sem a necessidade de codificá-las, sendo bastante útil quando levado em consideração a necessidade de implementar uma solução para que o equipamento venha a ser reconhecido dentro do jogo.

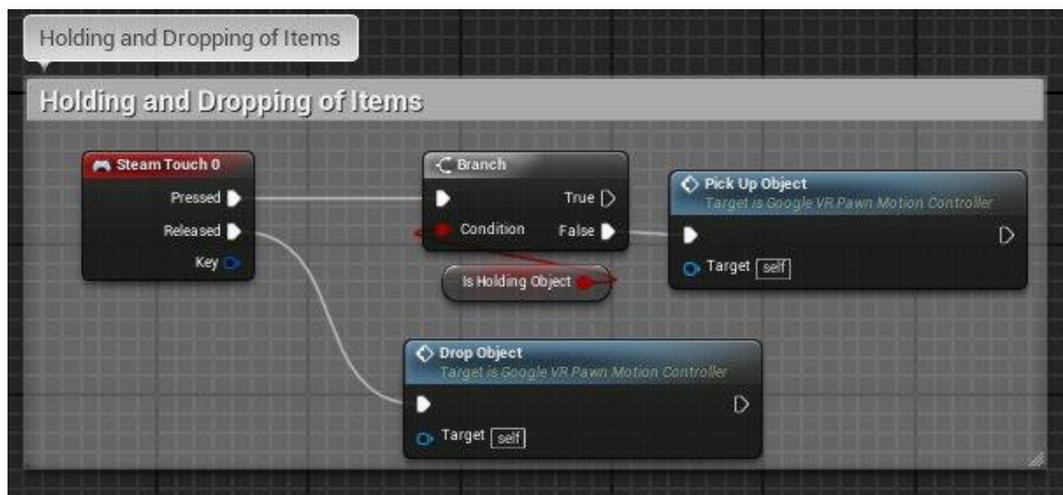
### 2.3.1 Blueprints

O sistema de *Script Visual* da Unreal Engine, mais conhecido como *Blueprint*, é um sistema de *scripting* de jogabilidade baseado na utilização de nós para criar elementos dentro de seu próprio editor. A linguagem de script utilizada é similar a outras linguagens script, ela é utilizada para definir objetos e classes orientadas a objetos (OO).

Esse sistema é extremamente poderoso e versátil, provendo aos *designers* a habilidade de usar basicamente todo o escopo de conceitos e ferramentas que geralmente estão apenas disponíveis para programadores.

A *Blueprint* funciona conectando nós, eventos, funções e variáveis por meio de “cabos”, e é possível criar elementos complexos que são relevantes a jogabilidade. Ela pode ser usada para vários propósitos como criação de objetos, funções reutilizáveis, e eventos de jogabilidade como, por exemplo, o apertar de um botão.

Figura 4 – Apertar o botão para as funções de pegar e soltar objetos



Fonte: Próprio Autor

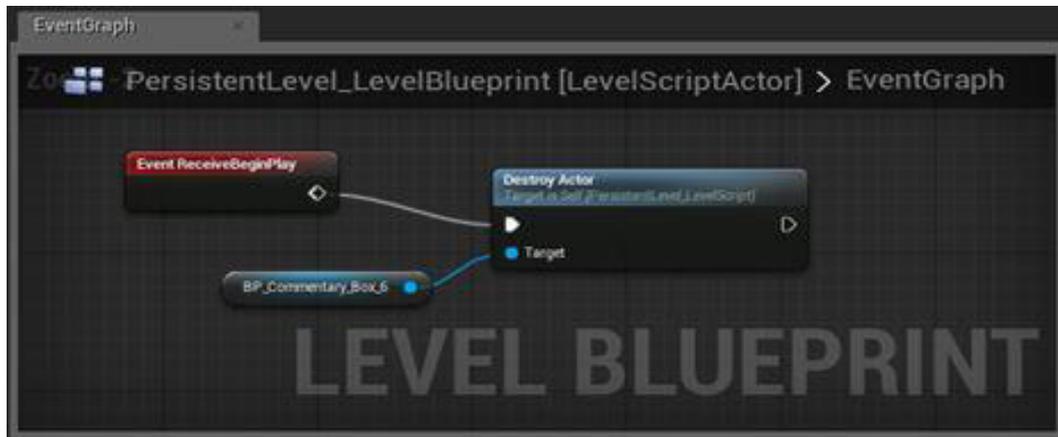
Existem várias “classes” diferentes para serem utilizadas dentro da *Blueprint* como Fase, Classes, Interface, Macro. Dentre elas, as mais utilizadas são as de Fase e Classe.

### 2.3.2 Blueprint de Fase

Uma *Blueprint* de Fase é um tipo especializado de *Blueprint* que age num grafo de fase de escopo global. Cada fase no projeto tem sua própria *Blueprint* de Fase que é criada automaticamente pelo editor. As *Blueprints* de Fase podem ser editadas de acordo com a necessidade, mas elas não podem ser criadas manualmente. Isso significa que toda

“programação” feita nessa *blueprint* afetará apenas aquela fase, podendo ser animações, cinemáticas, sons, etc.

Figura 5 – Exemplo de *Blueprint* de Fase



Fonte: <https://docs.unrealengine.com/en-US/Engine/Blueprints/UserGuide/Types/index.html>

### 2.3.3 *Blueprint* de Classe

A *Blueprint* de Classe, mais conhecida apenas por *Blueprint*, permite que o desenvolvedor adicione funcionalidades em cima de outras já existentes.

Figura 6 – *Blueprint* de Classe



Fonte: <https://docs.unrealengine.com/en-US/Engine/Blueprints/UserGuide/Types/index.html>

Dentro do editor, é possível desenvolver todo o tipo de funcionalidade e evento e acrescentá-la a objetos e classes já existentes. Para entender a *Blueprint* de Classe pode-se comparar com a criação de classes em C++, cada classe tem seus atributos, funções e elas podem ser atribuídas e chamadas em outras classes para criar objetos mais complexos e com

mais funcionalidades.

O próximo capítulo apresenta os trabalhos relacionados que também propuseram ambientes virtuais relacionados sobre química e/ou jogos para apoiar o ensino de química.

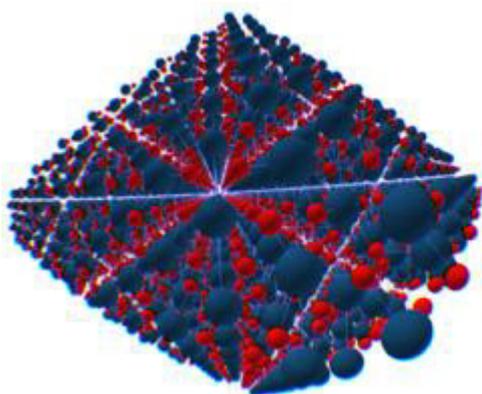
### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo, serão apresentados três trabalhos com objetivos semelhantes ao apresentado neste documento. O primeiro é a criação de um ambiente em realidade virtual para a observação de resultados químicos chamado NOMAD VR. O segundo é a aplicação de um jogo de tabuleiro de Química para alunos do 1º ano do Ensino Médio como ferramenta de apoio ao ensino. E o terceiro é a aplicação do jogo Bingo Atômico com alunos do 1º e 2º ano do Ensino Médio como ferramenta de apoio ao ensino.

#### 3.1 NOMAD VR: Multiplatform Virtual Reality Viewer for Chemistry Simulations.

A iniciativa “NOMAD VR” é a de criar um ambiente de realidade virtual científico de código aberto para a visualização de simulações computacionais de evolução de reações químicas e outras representações de dados interessantes. NOMAD é um projeto que tem como propósito preservar resultados científicos pela maior quantidade de tempo possível, tendo em vista a crescente demanda de artigos científicos. A “NOMAD VR” utiliza de vários visualizadores com ênfase na área química e utilizou de alguns equipamentos como marcadores de posição 3D, fones de ouvido e óculos de realidade virtual para a criação de algo mais tangível para a visualização de, por exemplo, nanopartículas.

Figura 7 - Nanopartícula de óxido de iridium (esquerda), e equilíbrio termal de Spironaphopyran (SNP) utilizando o HTC Vive (direita)



Fonte: NOMAD VR (2019)

A ideia deles, embora parecida com este trabalho, se distancia no propósito final do projeto e na execução do mesmo. Enquanto o projeto NOMAD tem como objetivo fórmulas e cálculos complexos a nível acadêmico, a solução proposta aqui foca na visualização de



A ideia deles, embora relacionada com o tópico proposto neste trabalho, se distancia no quesito implementação e público-alvo. O jogo Autorama da Química é um jogo de tabuleiro e foi utilizado para ensinar alunos do Ensino Médio, enquanto que neste documento é apresentado um jogo em realidade virtual para o ensino de misturas a crianças.

### 3.3 Uso Do Jogo “Bingo Atômico” Como Auxílio Para Compreensão Do Conteúdo Das Características Atômicas

A ideia deste trabalho é a de utilizar o jogo “Bingo Atômico” como ferramenta de apoio ao ensino. O jogo é igual a um bingo tradicional com a diferença sendo espaços da cartela serem relacionados à química, como símbolos de elementos, nomes de elementos, etc.

Figura 9 - Exemplo de Cartela de Bingo Atômico



Fonte: Bingo Atômico (2012)

O objetivo principal desta atividade era revisar o conteúdo de atomística e o uso da tabela periódica. Antes de ser aplicado o jogo foi feito um pré-teste referente ao assunto, para analisar o desempenho dos alunos antes de serem submetidos à atividade. Depois do jogo ser finalizado, foi aplicado um pós-teste que continha seis questões objetivas para avaliar a noção de aprendizagem após eles terem participado da atividade em aula.

Ainda que a ideia deles de utilizar o jogo para o auxílio em sala seja parecida com a proposta neste trabalho, elas se diferenciam no quesito tema e abordagem prática. Este trabalho irá utilizar a ideia de Realidade Virtual para demonstrar reações químicas de uma forma mais visual e que possa substituir a utilização de um laboratório.

Tabela 1 - Comparativo entre aplicações

	<b>Engine</b>	<b>Enfoque</b>	<b>Público-Alvo</b>	<b>Realidade Virtual</b>
<b>Nomad VR</b>	Não é mencionado	Química Molecular	Universitários e pesquisadores	Sim
<b>Autorama da Química</b>	Não utiliza	Princípios Químicos	Estudantes do Ensino Fundamental	Não
<b>Bingo Atômico</b>	Não utiliza	Atomística	Estudantes do Ensino Fundamental	Não
<b>Trabalho Proposto</b>	Unreal Engine	Reações Químicas	Estudantes do Ensino Fundamental	Sim

Fonte: Próprio Autor

## **4 OBJETIVOS**

Neste capítulo serão abordados os objetivos deste trabalho.

### **4.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho é a criação de um jogo de química num ambiente de realidade virtual que possa ser utilizado como material de apoio ao ensino para estudantes jovens que estejam começando a aprender sobre química.

### **4.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a. Propor o jogo, que seria decidir o tema no qual será constituído o mesmo, a tecnologia que será utilizada e o público-alvo.
- b. Desenvolver o jogo;
- c. Validar com o público-alvo a percepção de aprendizado ao jogar o jogo.

## 5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, serão abordados os passos utilizados para a execução deste trabalho.

### 5.1 Análise e decisão dos equipamentos a serem utilizados em VR e da Game Engine

Foram analisados equipamentos de diferentes valores de mercado como HTC Vive<sup>6</sup>, Playstation VR<sup>7</sup>, Oculus Rift<sup>8</sup>, Google Daydream<sup>9</sup>, Google Cardboard<sup>10</sup>, etc. A decisão do equipamento tem como base a sua usabilidade em escolas do Brasil. Como equipamentos mais bem construídos ainda são pouco acessíveis para boa parte dos estudantes e escolas do Brasil, foi-se optado pelo equipamento com menor custo para que seja possível que escolas tenham acesso mesmo com pouca renda.

A *Engine* escolhida foi a Unreal Engine, e se deu pelo fato de ser utilizada em C++ e a existência de *Blueprint* para o apoio ao desenvolvimento do jogo. No capítulo de discussão, serão abordados mais profundamente os desafios, problemas e soluções encontrados nas escolhas feitas.

### 5.2 Prototipagem para avaliar a viabilidade do ambiente escolhido

Nesta etapa, serão configurados todos os equipamentos que serão utilizados e que foram decididos na etapa anterior para ser avaliado a viabilidade de tais equipamentos, ou seja, se é possível entregar o produto final utilizando apenas os equipamentos escolhidos, sem a necessidade de produtos de terceiros.

Também serão implementados os movimentos básicos de objetos, como o ato de segurar e soltar, movimentar enquanto no ar, rotacionar, entre outros.

### 5.3 Game Design

Escolher um tema geral do jogo, Química, Matemática, Física, etc. Em seguida, definir qual será o propósito e como ele será trabalhado dentro do jogo, neste caso o tema geral foi a

---

<sup>6</sup> <https://www.vive.com/us/>

<sup>7</sup> <https://www.playstation.com/en-us/explore/playstation-vr/>

<sup>8</sup> [https://www.oculus.com/?locale=en\\_US](https://www.oculus.com/?locale=en_US)

<sup>9</sup> <https://vr.google.com/daydream/>

<sup>10</sup> [https://store.google.com/us/product/google\\_cardboard?hl=en-US](https://store.google.com/us/product/google_cardboard?hl=en-US)

Química e o jogo será uma simulação de um laboratório onde serão feitas algumas misturas com resultados interessantes. O público-alvo teve um impacto muito grande na escolha da proposta do jogo, pois este tem como ideia inserir estudantes jovens ao mundo da química e não engloba assuntos mais complexos que pudessem ser utilizados por estudantes universitários.

O tema escolhido foi a área da química, mais especificamente, as fórmulas químicas básicas. O jogo está descrito no capítulo 6, onde serão abordados mais detalhadamente os desafios, problemas soluções para este projeto.

#### **5.4 Desenvolver o Jogo**

Foram inicialmente selecionadas algumas reações químicas encontradas na internet que tivessem resultados visíveis como pegar fogo, mudar de cor, soltar fumaça e assim por diante.

#### **5.5 Avaliação do Jogo**

A avaliação do jogo consiste em validar a percepção de aprendizado dos usuários ao utilizarem do jogo utilizando o método de questionário SAVI. Este questionário está anexado neste trabalho (APÊNDICE A).

## 6 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo, serão apresentados o processo de desenvolvimento do jogo, desde a análise de requisitos até a implementação das funcionalidades do jogo.

### 6.1 Requisitos

Depois de decidido o escopo geral do jogo como sendo um laboratório de Química em realidade virtual, foram definidas as funcionalidades no qual ele possuiria e não possuiria. As principais funcionalidades ficaram definidas como sendo a movimentação dos objetos, onde o usuário seja capaz de pegar o objeto e movê-lo com base no movimento do controle, a funcionalidade de ativar a partícula de acordo com a mistura química que o usuário está fazendo, sendo que o usuário só será capaz de fazer uma mistura por vez.

### 6.2 Projeto e Análise

Na fase de análise, foram definidas quais bibliotecas, *assets*, *engine*, etc., que seriam utilizados para o desenvolvimento dos requisitos previamente definidos.

Para a definição da *engine*, foi levada em conta o conhecimento prévio na ferramenta por parte do desenvolvedor, a possibilidade de utilizar *Blueprint*, que é o sistema de programação por meio da conexão de nós que possibilitam ao desenvolvedor criar poderosos scripts reutilizáveis por outras classes.

Paras os *assets*, após uma extensiva pesquisa sobre qualidade, preço, e facilidade de uso, ficou definida a compra e utilização do pacote *Modular Laboratory Equipment Pack*<sup>11</sup>, que contém um conjunto de objetos para a montagem de um laboratório como, frascos de vidro de diferentes formas, placas de petre, etc (Figura 10 e Figura 11).

---

<sup>11</sup> <https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/slug/laboratory-equipment-pack>

Figura 11 – *Assets* de laboratório

Fonte: Modular Laboratory Equipment Pack

Figura 12 – Exemplo de cena utilizando os *assets*

Fonte: Modular Laboratory Equipment Pack

Para o desenvolvimento do movimento e ações do personagem, ficou decidido inicialmente de utilizar o Daydream, que é a plataforma de desenvolvimento em RV da Google, que possuía o *Controller Emulator*<sup>12</sup>, uma aplicação para desenvolvedores testarem suas aplicações sem ter o equipamento de RV, que foi descontinuada durante o desenvolvimento do jogo, e que será abordado mais detalhadamente no capítulo de implementação a seguir.

### 6.3 Implementação

---

<sup>12</sup> <https://developers.google.com/vr/daydream/controller-emulator>

A primeira etapa do desenvolvimento foi testar o ambiente da Google para poder ser realizado os testes de funcionalidades, utilizando a aplicação do *Controller Emulator*. Depois de alguns testes e ajustes, foi obtido um resultado positivo em relação à aplicação em conjunto com o ambiente de desenvolvimento, mas, a Google anunciou pouco depois da finalização dos testes, que iria descontinuar com esse ambiente. Para que não fosse utilizada uma tecnologia legado em um projeto ainda em sua fase inicial, foi decidido utilizar o que seria considerado o seu sucessor, o *Instant Preview*, que em sua documentação dizia ser possível o teste das funcionalidades sem a necessidade de empacotar o projeto e executá-lo em um dispositivo. Em novembro de 2019, a Google descontinuou completamente o projeto *Daydream*, e recomenda a utilização de sua nova *SDK Open Source* chamada *Google Cardboard*<sup>13</sup>, que não será utilizada neste projeto por motivos de datas de entrega do mesmo. Essas recentes mudanças ocasionaram em um retrabalho o que fez o projeto atrasar, o teste piloto inicial teve que ser completamente descartado, pois com a nova tecnologia, a anterior deixou de funcionar e o projeto teve que ser refeito do zero o que gerou novos desafios devido ao tempo perdido para retomar o projeto e concluir os requisitos mínimos.

As primeiras funcionalidades a serem implementadas foram a de movimentação dos braços do personagem, que enquanto ainda estava sendo utilizado o *Controller Emulator*, foi feita por *Blueprint*, e que depois com o *Instant Preview*, não precisava mais ser feita pelo desenvolvedor e sua plataforma já reconhecia os movimentos básicos do usuário.

Depois de resolvido o conflito com o ambiente de movimentação, foi iniciada a etapa de *design* do mapa, onde ficou definido que o jogo se situaria dentro de uma sala fechada de laboratório. Utilizando os *assets* do pacote selecionado, foi montado um minilaboratório com alguns objetos que deixassem o usuário imerso e com a sensação de estar em um laboratório real. Em conjunto com os *assets* do laboratório, para as reações químicas, foram implementadas apenas duas, uma que tivesse uma reação de fogo e uma que tivesse uma reação de fumaça, mas foram desenvolvidas de uma forma que pudessem facilmente ser acrescentadas novas reações. Foram utilizadas partículas encontradas de graça na loja da Epic Games, que é a desenvolvedora da *engine* utilizada para o desenvolvimento deste projeto, para mostrar os resultados das reações quando utilizados todos os elementos corretos.

Esses elementos estão separados por cor para que possam ser facilmente identificados, possibilitando que os usuários foquem mais no resultado obtido por realizar corretamente a

---

<sup>13</sup> <https://developers.google.com/cardboard>

reação do que identificar quais são os frascos necessários para realizar a mesma.

Quando o usuário colocar todos os elementos de uma determinada mistura dentro da área do *Trigger Volume*, que é um bloco invisível que consegue detectar eventos de colisão com objetos, o código ativa a partícula de efeito e se desfaz em alguns segundos, essa funcionalidade foi feita em C++, utilizando da documentação da Unreal e checando a cada evento tique do jogo se os elementos daquela reação estão colidindo com o volume.

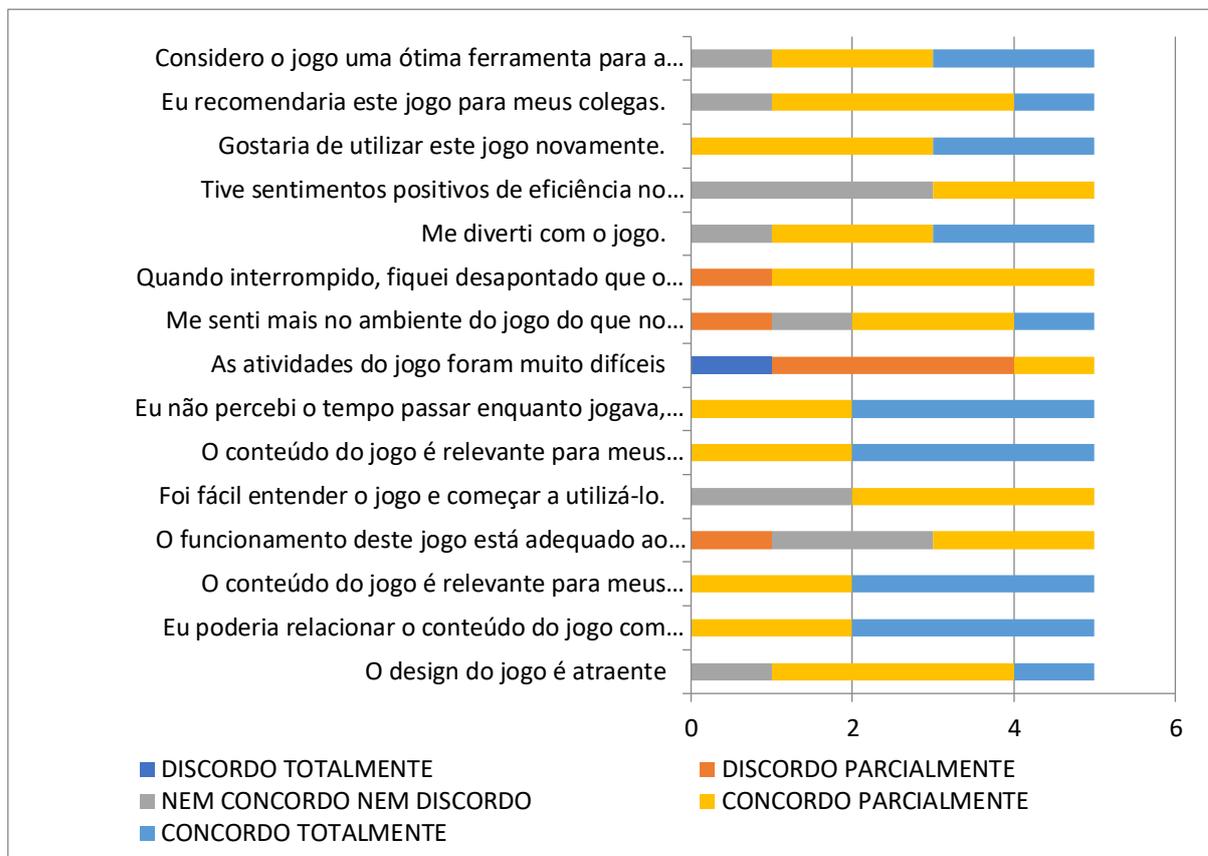
## 7 RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos nos testes realizados com usuários. Foi aplicado um teste com 5 participantes no escritório da OSF Global Services, localizado na cidade de Quixadá - CE. Para este teste foram utilizados um computador conectado a um monitor e um celular *Android* para a movimentação. Por conta de os testes terem sido realizados em um computador ao contrário de um óculo de realidade virtual, a imersão e algumas funcionalidades acabaram sendo comprometidas, como por exemplo a movimentação frente e trás do controle, que é feita a partir do cálculo da distância do controle para o óculos de realidade virtual.

Cada participante jogou uma vez e respondeu a um questionário pré-estabelecido, e que pode ser encontrado no Apêndice A deste trabalho. O questionário está dividido em duas partes, a primeira parte é composta por perguntas fechadas com uma escala de concordância de um a cinco, sendo um, discordar plenamente, dois, discordar parcialmente, três, nem concordar nem discordar, quatro, concordar parcialmente, e cinco, concordar plenamente. Essa primeira parte visa avaliar pontos como Motivação, Conhecimento e *Game User Experience*, proposto por SAVI (2010) e adaptado pelo autor.

Já a segunda parte do questionário é composta por duas perguntas de resposta livre, sendo a primeira para citar dois pontos fortes encontrados na demonstração, e a segunda citar duas sugestões de melhorias. Segue gráficos dos resultados obtidos.

Gráfico 1 – Resultados das perguntas fechadas



Fonte: Próprio Autor

Para analisar as informações obtidas, assumiu-se como positivas, respostas de valor 4 e 5, neutras como valor 3, e abaixo disso negativas. Pôde se analisar que 80% dos entrevistados consideraram o *design* do jogo como atraente, seja como um todo ou apenas algumas partes. Todos os entrevistados disseram que poderiam relacionar o jogo com algo que já fizeram, viram ou pensaram na vida real. Quando questionados sobre a relevância para seus interesses, apenas 40% considerou como relevante, 40% se mantiveram neutros e 20% não considerou a proposta como relevante.

Com relação ao funcionamento, 60% respondeu que o funcionamento do jogo está adequado ao seu modo de aprender e 100% dos entrevistados acharam fácil de entender e começar a utilizá-lo e também não perceberam o tempo passar enquanto jogavam.

Sobre a imersão do jogo, 60% disse que se sentiu no ambiente do jogo do que no mundo real, e 80% ficaram desapontados quando foram interrompidos.

No quesito aprendizado, apenas 40% respondeu que tiveram sentimentos positivos de eficiência enquanto que os outros 60% responderam neutros, ao mesmo tempo em que 80% considerou a proposta uma ótima ferramenta para a prática de reações químicas.

Já nas questões abertas, pediu-se que fossem citados dois pontos positivos no jogo e que fossem dadas duas sugestões para a melhora no jogo. Segue a tabela com as respostas.

Figura 13 – Resultados da pergunta aberta 1

Cite 2 pontos fortes do jogo

5 respostas

Me diverti jogando, o jogo realmente simula um ambiente do mundo real

Cenário e Jogabilidade

Imersão do usuário, usabilidade

jogar os frascos para fora da mesa, a relação com a realidade de um laboratório.

Fácil de manusear o controle e funções simples faceis de aprender.

Fonte: Próprio Autor

Figura 14 – Resultados da pergunta aberta 2

Por favor, dê 2 sugestões para a melhoria do jogo

5 respostas

Poder se movimentar na sala, mostrar as mãos do usuário

Mais reações e textos explicativos sob o jogo

Calibrar apontador do controle de movimento

seria legal colocar um frasco vazio pro usuário "derramar" os dois componentes da reação e dizer o nome dos dois componentes que estão sendo "misturados".

Mudar a forma como mistura os elementos químicos e deixar mais em destaque o local no qual mostra o resultado da reação.

Fonte: Próprio Autor

Pôde ser observado com base nas respostas do usuário, os pontos mais fortes do jogo são o cenário e a jogabilidade, com algumas menções das funcionalidades do jogo, como por exemplo a possibilidade de arremessar os objetos para fora da mesa. Já com relação a sugestões, é possível notar que com melhores equipamentos seria possível criar uma melhor interação com o usuário, ao mesmo tempo que problemas como calibragem não ocorreriam, e que algumas questões relacionadas a jogabilidade e imersão do usuário devem ser tratadas como textos explicativos e uma forma de misturar os elementos mais realista.

## 8 TRABALHOS FUTUROS

Utilizar diferentes tipos de celulares *Android* possibilitaria num melhor entendimento de como a *Engine* reage à cada um. Isso criaria a possibilidade de decidir quais são os requisitos mínimos para o jogo funcionar bem, e poder tratar possíveis problemas que poderiam vir a ocorrer com as múltiplas combinações de hardware disponíveis no mercado.

Uma melhoria seria implementar a movimentação do usuário, para que ele pudesse se mexer dentro do laboratório, dando um sentimento maior de imersão, e possibilitando inúmeras implementações com objetos espalhados pelo mapa que o usuário tem que encontrar.

Outra melhoria seria a criação de uma melhor interface que possibilitasse o usuário de encontrar quais as reações que já foram realizadas e quais ainda são possíveis de serem realizadas e até mesmo um sistema de pontuação por tempo para estimular o usuário a lembrar das reações e seus componentes.

## 9 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a possibilidade de desenvolver um jogo de realidade virtual utilizando celulares *Android* como equipamento principal. O jogo foi desenvolvido utilizando a *Unreal Engine*, misturando programação C++ e *Blueprint* para a criação das funcionalidades nele apresentado.

O objetivo do trabalho foi o de simular um laboratório de química para a prática da mesma, e a de utilizar equipamentos de baixo custo, como celulares *Android*, que capacitasse a utilização por um público maior de pessoas.

Foi possível notar um resultado positivo com os usuários, que avaliaram positivamente a proposta e o cenário do jogo. Foi possível notar que todos se divertiram pelo período de tempo em que o utilizaram.

No geral, apesar dos problemas enfrentados com a *SDK* do Google e a limitação de equipamentos para o desenvolvimento e testes, o trabalho pode ser considerado positivo, pois demonstrou a capacidade de criar jogos em realidade virtual sem a necessidade de utilizar equipamentos de alto custo e também se mostrou uma possível alternativa para as aulas de química, que dependem muito de um ambiente físico e investimento em equipamentos de segurança e produtos para as demonstrações em aula. Este trabalho pode ser utilizado para futuras extensões que pretendem utilizar de equipamentos de baixo custo para a criação de ferramentas de apoio ao ensino em realidade virtual.

## REFERÊNCIAS

- Querioz, B.V.; Santos, J.C.S.; Brandão, E.A.L. Autorama da química: uma proposta lúdica para o ensino de princípios de química. **11° SIMPEQUI**. Teresina, 2013. Disponível em: <http://www.abq.org.br/simpequi/2013/trabalhos/2130-13654.html>. Acesso em 13 dez.2019
- LIMA, Caio César Alves de Souza; SOUZE, Jaqueline de; Santos, Maria Betania Hermenegildo dos. O uso do jogo “Bingo Atômico” como auxílio para compreensão do conteúdo das características atômicas. **V ENID**. Campina Grande, 2016. Disponível em: [https://editorarealize.com.br/revistas/eniduepb/trabalhos/TRABALHO\\_EV043\\_MD4\\_SA12\\_ID1706\\_31072015155808.pdf](https://editorarealize.com.br/revistas/eniduepb/trabalhos/TRABALHO_EV043_MD4_SA12_ID1706_31072015155808.pdf). Acesso em 13 dez.2019
- ALVES, M. R. O.; MAIA, A. L. S.; PINHEIRO, F. S. H. T.; *et al.* O Uso Do Jogo Autorama Da Química No Ensino De Misturas. **4ª Semana de Química - IFRN** – ISSN: 2526-4664. Natal, 2016. Disponível em: <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/2526-4664.072>. Acesso em 13 dez.2019
- GARCÍA-HERNÁNDEZ, Rubén Jesús and KRANZLMÜLLER, Dieter. NOMAD VR: Multiplatform virtual reality viewer for chemistry simulations. **Computer Physics Communications**, vol. 237, p. 230–237, [S.l.], 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010465518304053>. Acesso em 13 dez.2019
- EARNSHAW, R.A.; GIGANTE, M.A.; JONES, H. **Virtual Reality Systems**, p. 3–14, [S.l.], 1993. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/book/9780122277481/virtual-reality-systems>. Acesso em 13 dez.2019
- SANTOS, Kelly Rodrigues dos; OLIVEIRA, Geane Pereira de; VIANA, Flávia Ferreira Oliveira; *et al.* Bingo Atômico: trabalhando o conteúdo Tabela Periódica utilizando um jogo lúdico e divertido com os alunos da Educação de Jovens e Adultos (EJA). **XVI ENEQ/X EDUQUI** - ISSN: 2179-5355. Salvador, 2012. Disponível em: <https://portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/view/8179/5857>. Acesso em 13 dez.2019
- SQUIRE, Kurt; GEE, James Paul and JENKINS, Henry. Video games and learning: teaching and participatory culture in the digital age. [S.l.]: **Teachers College Press**, 2011. Disponível em: <https://www.igi-global.com/pdf.aspx?tid%3D102618%26ptid%3D71690%26ctid%3D17%26t%3Dvideo+games+and+learning%3A+teaching+and+participatory+culture+in+the+digital+age%26isxn%3D9781466634978>. Acesso em 13 dez.2019
- VIRVOU, Maria; KATSIONIS, George. **On the usability and likeability of virtual reality games for education**: The case of VR-ENGAGE. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131506000789>. Elsevier. [S.l.], 2006. Acesso em 13 dez.2019

JAYAKANTHAN, R. **Application of computer games in the field of education**. ISSN: 0264-0473. [S.l], 2002. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/02640470210697471/full/html>. Acesso em 13 dez.2019

MAZURYK, Tomasz; GERVAUTZ, Michael. **Virtual Reality – History, Applications, Technology and Future**. [S.l], 2002. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.42.7849>. Acesso em 13 dez.2019

SAVI, Rafael; WANGENHEIM, Christiane Gresse von; ULBRICHT, Vania; Vanzin Tarcisio. **Proposta de um Modelo de Avaliação de Jogos Educacionais**. v. 8 n. 3, [S.l], 2010. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/renote/article/viewFile/18043/1063>. Acesso em 13 dez.2019

PRÉ-SIMPÓSIO. Realidade Virtual: Conceitos e Tendências. **VII SYMPOSIUM ON VIRTUAL REALITY**. Realidade Virtual: Conceitos e Tendências. [S.l], 2004. Disponível em: [http://ckirner.com/download/capitulos/livro\\_pre\\_simp-2004.pdf](http://ckirner.com/download/capitulos/livro_pre_simp-2004.pdf). Acesso em 13 dez.2019

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

### Questionário de avaliação do jogo Virtual Lab

Gostaríamos que você respondesse as questões abaixo para nos ajudar a validar este jogo. Todos os dados coletados somente serão utilizados no contexto desta pesquisa.

Yago da Cruz Ignacio – yago.cruz@alu.ufc.br  
UFC, Campus de Quixadá.

#### Identificação

Nome: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

Por favor, circule **um número** de acordo com o quanto você concorda ou discorda de cada afirmação abaixo.

Afirmações	Sua avaliação			Comentários sobre a questão
O design do jogo é atraente	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
Eu poderia relacionar o conteúdo do jogo com coisas que já vi, fiz ou pensei.	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
O conteúdo do jogo é relevante para meus interesses.	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
O funcionamento deste jogo está adequado ao meu jeito de aprender	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
O funcionamento deste jogo está adequado ao meu jeito de aprender.	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
Foi fácil entender o jogo e começar a utilizá-lo.	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
O conteúdo do jogo é relevante para meus interesses.	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
Eu não percebi o tempo passar enquanto jogava, quando vi o jogo acabou.	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
Eu não percebi o tempo passar enquanto jogava, quando vi o jogo acabou.	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
As atividades do jogo foram muito difíceis	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
Me senti mais no ambiente do jogo do que no mundo real.	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
Quando interrompido, fiquei desapontado que o jogo tinha acabado (gostaria de jogar mais).	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
Me diverti com o jogo.	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	

Tive sentimentos positivos de eficiência no desenrolar do jogo.	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
Gostaria de utilizar este jogo novamente.	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
Eu recomendaria este jogo para meus colegas.	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
Considero o jogo uma ótima ferramenta para a prática de atividade física.	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	

– Cite 2 pontos fortes do jogo:

---



---



---



---



---



---



---



---

– Por favor, dê 2 sugestões para a melhoria do jogo:

---



---



---



---



---



---



---



---