

## Watt: Imersão 3D Compartilhada e Acessível na Realidade Virtual do Surgimento da Revolução Industrial

Ivan Luis Feix Baierle<sup>1</sup>, João Carlos Gluz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pós-Graduação em Computação Aplicada (PPGCA) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) – Av. Unisinos 950 – 93022-000 – São Leopoldo – RS – Brazil

ibaierle@hotmail.com, jcgluz@unisinos.br

**Abstract.** *Virtual Reality (VR) educational environments can be creative, intelligent and dynamic teaching aids, with broad pedagogical potential. The present work assumes that is possible to provide shared, interactive and immersive VR solutions with low cost but with quality. This work also assumes that VR can introduce the student into a fictional but realistic world, very appropriate for teaching History. This possibility is tested by WATT, a 3D virtual world, aimed at teaching the historical processes that occurred during Industrial Revolution. WATT is an interactive, animated and intelligent virtual world, containing intelligent characters, technological artifacts and locations existing at the beginning of the revolution. Gamification and intelligent agent technology are used to engage and help students. WATT was positively evaluated through laboratory experiments and by external experiments carried out with simulated classes.*

**Resumo.** *Ambientes educacionais baseados em Realidade Virtual (RV) podem ser meios de ensino criativos, inteligentes e dinâmicos, com um amplo potencial pedagógico. O presente trabalho assume que é possível fornecer soluções de VR compartilhadas, interativas e imersivas com baixo custo, mas com qualidade. Este trabalho também pressupõe que a VR pode introduzir o aluno em um mundo fictício, mas realista, muito apropriado para o ensino de História. Esta possibilidade é testada pelo WATT, um mundo virtual 3D, com o objetivo de ensinar os processos históricos que ocorreram na Revolução Industrial. WATT é um mundo virtual interativo, animado e inteligente, contendo caracteres inteligentes, artefatos tecnológicos e locais existentes no início da revolução. A tecnologia Gamification e agente inteligente é usada para envolver e ajudar os alunos. O WATT foi avaliado positivamente através de experimentos de laboratório e por experiências externas realizadas com aulas simuladas*

### 1. Introdução

Ambientes ou mundos virtuais 3D são sistemas capazes de simular espaços tridimensionais de forma realista, permitindo que pessoas interagindo nestes ambientes percebam um espaço próximo da realidade em termos visuais (uma Realidade Virtual ou RV). Para Lopes (2009), a evolução que levou ao surgimento de tecnologias como a RV, leva a cada dia mais pessoas em diferentes áreas de estudo a experimentar práticas de simulações tridimensionais, devido a sua enorme semelhança física com o mundo real. Conforme Arruda et al. (2007), a utilização da computação no âmbito educacional tem se desenvolvido e se tornado cada vez mais necessária para a melhoria da qualidade do ensino, transformando-se em uma ferramenta aliada dos alunos e professores no processo de ensino. Mattar (2007) e Valente (2007) ressaltam que os ambientes virtuais são ótimas ferramentas que visam difundir a educação de forma flexível em ambientes

que simulam nossa realidade, mas com a vantagem de poderem ser acessados de qualquer local, a qualquer hora, e permitindo a repetição de quantas vezes forem necessárias. Assim, ambientes educacionais baseados em RV pode se tornar meios de ensino criativos, inteligentes e dinâmicos, com um amplo potencial pedagógico. A possibilidade de imersão também é um aspecto importante dos ambientes RV, permitindo ao usuário partilhar da sensação de estar inserido e fazer parte do mundo virtual 3D. A RV imersiva tem o potencial de ser uma tecnologia revolucionária, talvez até disruptiva. Porém esse potencial depende de uma série de fatores envolvendo facilidade de uso, custo acessível e uma aplicação popularizadora (*killer application*). Isto é ainda mais importante nas aplicações educacionais, fortemente sensíveis a estes três fatores.

Note que baixo custo, facilidade de uso e aplicações populares não são sinônimo de tecnologia pobre e ultrapassada. Em 1990 a Internet era uma tecnologia de rede velha (mais de 20 anos), usada na academia por professores e alunos sem recursos para uma rede corporativa moderna e cuja aplicação “matadora”, a WWW (ou *web*) era um *software* para ler artigos de Física Nuclear. Na mesma época redes corporativas modernas que supostamente dominariam o futuro eram redes como SNA, MAP/TOP ou Novell. Apenas 5 anos depois a Internet se tornou a rede global de informações, por permitir acesso telefônico fácil e de baixo custo à rede global e a *web*, todas as demais redes viraram história.

A Educação, entretanto, ainda espera por aplicações acessíveis e popularizadoras da RV imersiva ou não. Tendo em vista esse quadro, o presente trabalho assume como hipótese tecnológica a necessidade de se prover soluções para acesso a RV imersiva com custo baixo mas com qualidade, para permitir que escolas públicas da Educação Básica possam usar essa tecnologia. A possibilidade de uso dos laboratórios de informática das escolas e dos celulares dos alunos também são importantes para a adoção da RV, dada a razoável disponibilidade destes recursos (segundo o Censo da Educação Básica de 2013, 44% das escolas possuem laboratório de informática).

Em termos didáticos e pedagógicos, o presente trabalho assume a possibilidade de uso compartilhado e interativo da RV por professores e alunos em tempo real. A hipótese subjacente é que a aprendizagem não é apenas um processo individual, mas também um processo social, realizado em conjunto por professores e alunos. Além disso a RV pode ser aplicada para inserir o aluno em uma realidade ficcional mas realista, muito apropriada para o ensino de História. Ensinar História é um grande desafio, pois exige domínio de leitura e interpretação, o que segundo dados estatísticos, 22% dos estudantes da 4ª série se encontram praticamente em situação de analfabetismo (Caimi, 2006). O ensino de História ainda se restringe muito às salas de aula e aos conteúdos baseados em livros-texto padronizados. Ampliando esse ponto de vista, ultimamente a forma tradicional de educação começou a ser questionada, passando-se a buscar novas metodologias de ensino de História, que incluam o professor e o aluno como sujeitos do processo (Oliveira et. al., 2013). Assim, essa disciplina pode ser abordada de uma forma interativa e dinâmica, principalmente com o apoio das tecnologias de simulações e mundos virtuais.

O mundo virtual WATT proposto neste trabalho, se apresenta como uma alternativa à forma tradicional de ensinar História, ajudando no ensino a respeito dos processos sociais, econômicos, científicos e tecnológicos ocorridos durante o surgimento da Revolução Industrial. O WATT simula um cenário virtual interativo, animado e autoexplicativo, expondo artefatos tecnológicos (motores, teares e máquinas a vapor) e espaços simulados de fábricas e minas de carvão existentes no início da Revolução Industrial. A tecnologia de agentes pedagógicos animados e inteligentes é usada para controlar avatares representando o próprio James Watt, além de outros personagens característicos das minas e fábricas da época, capazes de interagir com os

alunos e professores em linguagem próxima da natural, visando resolver dúvidas e explicar conteúdos de História relacionados ao cenário. Estes avatares são NPCs (do inglês *Non Player Characters*) que operam como agentes pedagógicos do mundo WATT. Técnicas de gamificação (tradução livre de *gamification*) também são usadas, fazendo os alunos empreender missões de reconhecimento e coleta de informações no cenário, para posterior análise e reflexão.

## 2. Base Histórica - A Revolução Industrial

A Revolução Industrial é considerada um dos maiores saltos tecnológicos já ocorridos na História. Seu surgimento ocorreu na Inglaterra, e ficou conhecida pela transição dos antigos processos de manufatura para os processos de maquinofatura (Bynum, 2013). Foi marcada principalmente pelo aparecimento de três inovações que moldaram a sociedade tanto no quesito tecnológico, quanto econômico e sociocultural (Machado, 2005): a adoção de máquinas na fabricação de tecidos, a generalização da máquina a vapor em praticamente todos os seguimentos, e a produção em larga escala de ferro usando carvão mineral.

A criação de um sistema de produção baseado no trabalho realizado em fábricas, dependeu de altos investimentos financeiros provenientes dos lucros do comércio. O algodão, produzido nas colônias inglesas, foi a matéria-prima da primeira atividade industrial produzida por máquinas, a tecelagem – e os produtos dessa indústria têxtil passaram a abastecer os mercados consumidores do mundo (Macedo, 2009). Devido a isso, as grandes inovações tecnológicas da época se desenvolveram visando melhorar as tecnologias dentro deste nicho. Com a andar da revolução, aumentaram os volumes de produção e consumo de todos os tipos de bens, principalmente devido à migração de muitas pessoas pobres da zona rural para os grandes centros urbanos em busca de trabalho (Narloch, 2013). As fábricas começaram a contratar muitos desses trabalhadores em troca de salários, mudando todo o cenário cultural e social na Europa.

O motor a vapor foi uma das tecnologias que reconhecidamente iniciou a transição deste período, pois o seu surgimento modificou todo o processo tecnológico na época. Seu funcionamento parte do princípio de que o calor é sua fonte de energia, classificada assim como uma máquina térmica. (Bynum, 2013). A primeira máquina a vapor surgiu em 1698, com estudos de Thomas Savery, que buscava descobrir e explorar uma nova fonte de energia motriz. No mesmo ano, Thomas Newcomen descobre os benefícios das máquinas a vapor, e com algumas modificações, instala um motor a vapor para drenar água em uma mina de carvão. Em 1763 James Watt, então professor da universidade Glasgow, recebeu em sua oficina da faculdade um motor de Newcomen avariado. Após consertar o motor, Watt verificou que seu rendimento era péssimo, produzindo um desperdício de  $\frac{3}{4}$  do calor do vapor. Então em 1765 Watt propôs importantes modificações no motor, fazendo a eficiência aumentar e reduzindo o consumo de combustível em 75%. Essa mudança permitiu utilizar a máquina a vapor para outros fins, além das minas de carvão.

A segunda tecnologia que influenciou de maneira significativa a revolução apareceu em 1764, quando James Hargreaves constrói a máquina de fiar algodão, capaz de realizar o trabalho de oito pessoas, porém ainda operada de forma manual. Em 1780, Edmund Cartwright associa o funcionamento da máquina de tear à máquina a vapor, inventando assim o tear a vapor. Em meados de 1800, Joseph-Marie Jacquard incomodado com a tarefa manual de troca de novelos dos teares para a formação de desenhos, percebeu que a operação seguia um padrão sequencial. Com isso, desenvolveu um tear inteiramente automatizado que era programado por uma série de cartões perfurados, cada um deles controlando um movimento da máquina. Mais tarde, essa mesma técnica seria usada para programar computadores. (da Costa, 2008).

A terceira tecnologia que surgiu na época, foi o carro movido a vapor construído por Nicolas-Josephe Cugnot, que apesar de revolucionário, era bastante limitado. No entanto, Richard Trevithick por volta de 1808, desenvolveu uma versão melhorada do modelo de Cugnot. Sua locomotiva tinha um desempenho eficiente, que permitiu empresários investirem em novas tecnologias e linhas férreas, visando facilitar a logística da época.

### 3 Trabalhos Relacionados

A escolha dos trabalhos relacionados foi feita através de busca nas bases científicas da ACM, CAPES e Google Acadêmico com palavras-chave: “opensim”, “intelligent tutoring system” e “artificial intelligence agents”. Dos trabalhos encontrados, três foram selecionados como mais relevantes ao tema da presente pesquisa. O trabalho de Falcão e Machado (2010), identifica os principais acervos e museus disponíveis de forma *online* que utilizam a tecnologia de imersão 3D, propondo o desenvolvimento de uma ferramenta própria para auxiliar na visitação de acervos e museus. O artigo de Marcelino et al (2013) apresenta mundos virtuais 3D voltados para a educação dos anos iniciais do ensino fundamental. O trabalho de Greis et al (2010), aborda o desenvolvimento de um ambiente virtual para o ensino de física. A Tabela 1 apresenta um comparativo entre os trabalhos relacionados, analisando as propriedades dos modelos e ambientes propostos nos trabalhos em relação aos critérios de tecnologia de simulação de RV, modo de utilização, disponibilidade de objetos animados e interativos, disponibilidade de NPCs capazes de operar como agentes pedagógicos inteligentes, contexto educacional e uso de questionários para avaliação do processo de ensino. Nesta tabela também são apresentadas as propriedades do mundo WATT sendo proposto neste trabalho. Nenhum dos trabalhos relacionados analisados faz uso de agentes pedagógicos inteligentes, todo o trabalho de aprendizagem nesses ambientes se dá por conta da experiência do usuário com o ambiente. Além disso, nenhum ambiente citou uma grande quantidade de objetos que permitam interação com o cenário, apenas no trabalho de Greis (2010), os objetos possuem uma capacidade mínima de movimentação.

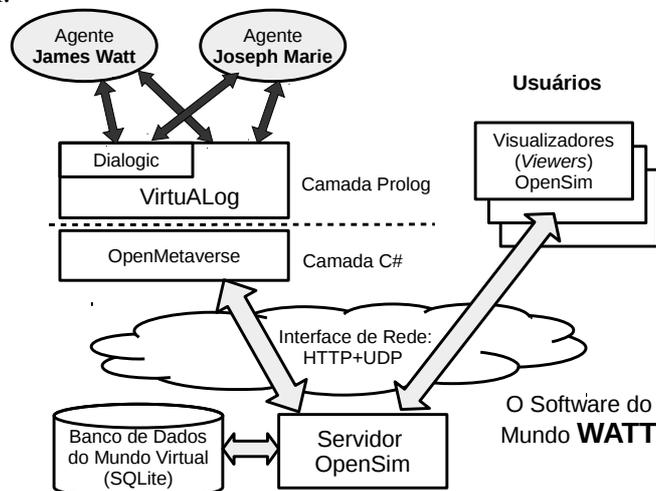
**Tabela 1:** Comparação entre os trabalhos relacionados e o modelo WATT

	Falcão (2010)	Marcelino (2013)	Greis (2010)	WATT
<b>Simulador</b>	OpenSim	OpenSim	OpenSim	OpenSim
<b>Modo de Uso</b>	<i>Standalone</i>	<i>Hypergrid</i>	<i>Standalone</i>	<i>Standalone</i>
<b>Objetos Interativos</b>	Não	Não	Parcial	Sim
<b>Agentes Pedagógicos</b>	Não	Não	Não	Sim
<b>Contexto Educacional</b>	Ensino histórico e cultural	Interação social e virtual	Ensino de Física	Ensino de processo histórico

### 4 Mundo Virtual WATT

O projeto do mundo virtual WATT faz uso do simulador de mundos virtuais 3D OpenSim (<http://opensimulator.org/>) e do ambiente de programação de agentes inteligentes VirtuALog (Gluz et al.; 2015). A Figura 1 mostra o modelo geral da arquitetura e organização do *software* do mundo virtual WATT. A base da arquitetura do WATT é o simulador OpenSim. O servidor que executa o OpenSim é responsável pelo gerenciamento dos dados gerados durante a simulação. O OpenSim pode ser configurado para operar com vários bancos de dados distintos. Na implementação do WATT foi o usado o banco SQLite, que é o banco de dados indicado para operação no modo *standalone*. A interface de comunicação do servidor OpenSim com a rede é realizada através da rede local ou internet por meio dos protocolos HTTP e UDP. A conexão dos usuários do sistema junto ao servidor, é realizada através de visualizadores (*viewers*) compatíveis com OpenSim. O controle e o gerenciamento dos agentes

pedagógicos inteligentes no mundo virtual WATT fica a cargo do VirtuALog, um ambiente de programação Prolog que usa a biblioteca OpenMetaverse (<http://openmetaverse.co/projects/libopenmetaverse>) para controlar os NPCs no servidor OpenSim.



**Figura 1:** Arquitetura e organização do mundo virtual WATT

A Figura 2, mostra o plano principal do agente James Watt. Este plano começa pela conexão ao NPC correspondente ao agente e passa a um plano que envolve a atividade de circulação pelos pontos de atuação do agente na cena (predicado *walk\_around()*) que pode ser intercalada pela interação com algum avatar que se posicione próximo ao agente (predicados *find\_nearest\_avatar()* e *talk\_to\_avatar()*).

```
jwatt_start_goal :-
    connect_avatar(james,watt,123456,'http://127.0.0.1:9000'),
    sleep(5.0),
    random_select_scene(scene(SceneName,posxy(X,Y))),
    :- tele_to(posxy(X,Y)),
    jwatt_idle_goal(SceneName).

jwatt_idle_goal(CurrScene) :-
    walk_around(CurrScene,NextScene),
    check_avatar_near,
    find_nearest_avatar(NearestAvatar),
    talk_to_avatar(CurrScene,NearestAvatar),
    jwatt_idle_goal(NextScene).
```

**Figura 2:** Plano principal do Agente James Watt.

A camada Dialogic é responsável por interpretar as regras de comunicação dos usuários com os agentes, implementando em Prolog um mecanismo de controle de diálogos similar a linguagem AIML (Wallace, 2003). A Figura 3 mostra um pequeno exemplo da base de diálogos do agente James Watt escrita em Dialogic.

```
entrada_mina # [*o,que,e,*] ==>
    ['Essa eh a entrada de uma antiga mina de carvao, ',
     'da Escocia no norte da Inglaterra, dentro dessa mina ',
     'voce irá encontrar o prototipo do motor criado por',
     ' mim James Watt'].

entrada_mina # [*quando,*] ==>
    ['Esse tipo de mina era comum desde o seculo XVII',
     '(a partir de 1600)'].
```

**Figura 3:** Exemplo da base de diálogos do agente James Watt.

## 5. Cenário da Revolução Industrial

O cenário simulado da Revolução Industrial é composto por cenas, cada uma integrada por um diferente artefato tecnológico que a caracteriza. Cada cena foi projetada para trabalhar com uma das três principais tecnologias que surgiram no início da Revolução Industrial (ver Seção 2). A cena conta com objetos animados responsáveis por prover informações e interação com os alunos. Além disso, algumas cenas contam com um

NPC caracterizado como um personagem da época que é controlado por um agente pedagógico inteligente capaz de explicar através de interações próximas da linguagem natural, o que é cada artefato, seu funcionamento e sua importância na Revolução Industrial. As interações ocorrem por meio do serviço de mensagens instantâneas (ver Figura 7). A Figura 5 mostra uma visão geral do cenário. Após o *login* no WATT, o aluno é teleportado para a cena inicial (1), onde recebe instruções a respeito de sua missão no mundo WATT através de uma placa, que quando clicada apresenta instruções via *pop-up*. Após o contato inicial com o ambiente, o usuário tem como objetivo inicial de sua missão se dirigir até a próxima cena (2).



**Figura 4:** Vista aérea do cenário do mundo virtual WATT

Nesta cena é dada ênfase ao motor original de Newcomen e o novo motor criado por James Watt. São apresentados ainda uma mina de carvão e o protótipo da primeira locomotiva desenvolvida por Richard Trevithick (Figura 5). Um agente pedagógico caracterizado de James Watt interage com os alunos fazendo a apresentação dos principais itens da cena, e o restante é demonstrado através de placas informativas. A missão dos alunos nesta cena (e nas demais cenas), é explorar e interagir com o agente pedagógico (se houver) e com os objetos animados para aprender conceitos e informações relevantes do período histórico representado na cena. O tempo estimado para explorar cada cena é 15 minutos.



**Figura 5:** Segunda cena do mundo WATT

Seguindo em sua missão, após a exploração da cena dois o aluno deve seguir para a terceira cena (3), onde se depara com um pequeno vilarejo, com uma estação férrea, e o protótipo de uma locomotiva desenvolvida por Henschel & Sohn movido a queima de carvão (ver Figura 6). O ambiente apresenta informações e objetos relevantes, visando aproximar o aluno do impacto causado pelo uso das locomotivas no surgimento de novas cidades em locais estratégicos antes desabitados, facilitando a logística e o transporte de recursos. Este cenário é apresentado aos alunos apenas por placas informativas animadas. Após o contato com a terceira cena, o aluno tem como objetivo final da missão se dirigir até a quarta cena (4). Neste local, é evidenciado o surgimento das tecelagens e da indústria têxtil com a mecanização e o aparecimento de novas técnicas desenvolvidas por Edmund Cartwright e William Radcliffe, revolucionando a maneira como as máquinas de fiar e tecer funcionavam (ver Figura 7).



Figura 6: Terceira cena do mundo WATT

Após isso, é enfatizado o processo de automatização dessas técnicas com a utilização de cartões perfurados proposta por Joseph-Marie Jacquard, capaz de ler os cartões e executar as operações na seqüência programada, que viria a tornar-se décadas mais tarde, uma das principais influências no ramo da computação. O agente pedagógico Joseph-Marie Jacquard está presente na cena, introduzindo e apresentando as principais características dos artefatos para os alunos (ver detalhe do diálogo na Figura 7). Placas informativas animadas apresentam as informações restantes da cena.

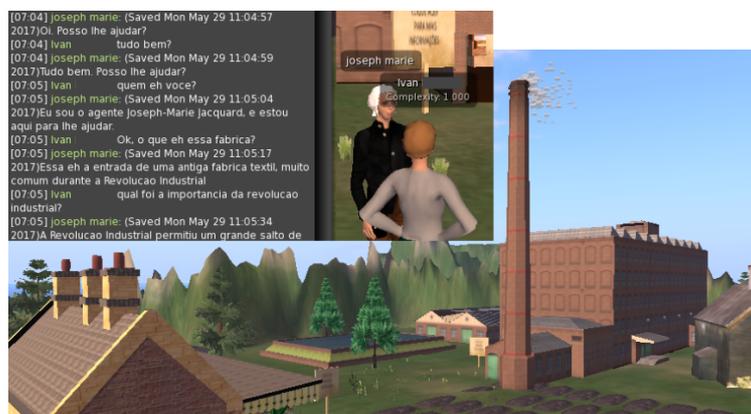


Figura 7: Quarta cena do mundo WATT

## 6. Experimentos e Resultados

Para avaliar o mundo virtual WATT foram realizados experimentos em laboratório e em campo com turmas simuladas. Os experimentos de laboratório também permitiram fazer uma estimativa realista do custo da tecnologia básica de imersão no mundo virtual. Os experimentos de laboratório verificaram a funcionalidade, estabilidade e desempenho do protótipo do WATT. Estes experimentos foram realizados pela conexão simultânea através de rede local de três avatares ao WATT. Foram feitos dois experimentos, cada um de meia hora. O primeiro sem imersão 3D, com interface apenas pelo visualizador no PC e o segundo com imersão 3D por meio de óculos RV com *smartphone* acoplado e movimentação por controlador de jogos. O primeiro experimento verificou, além da navegação e exploração de todas as cenas do WATT, as funcionalidades conversacionais e a estabilidade dos agentes James Watt e Jean Jaquard. O experimento de imersão não realizou interação conversacional, pela impossibilidade de interação textual com a tecnologia de imersão empregada. Este teste avaliou o atraso e latência da visualização imersiva, a navegação por controlador e a interação por gestos com os objetos da cena.

O objetivo dos experimentos de campo foi fazer uma avaliação inicial do impacto pedagógico do WATT além de verificar seu grau de usabilidade. Estes experimentos foram realizadas com dois grupos de 5 pessoas, e um grupo de 4 pessoas, totalizando uma amostra por conveniência da população geral formada por 14 pessoas. Em termos de formação, 5 participantes tem nível médio completo, 4 tem nível superior incompleto e os 5 restantes tem nível superior completo. A idade média é de 26 anos.

Os participantes receberam uma explanação sobre o WATT e após tiveram que efetuar a missão de exploração do mundo virtual. A avaliação quantitativa do impacto pedagógico seguiu a abordagem pré-teste/pós-teste para avaliação. Nesta avaliação, os sujeitos responderam questionários a respeito dos conteúdos de História trabalhados no mundo WATT, antes e depois da experiência de utilização. A avaliação quantitativa da usabilidade seguiu a metodologia TAM2 (Marangunic e Granić, 2015) que leva em consideração a utilidade e a facilidade de uso percebida para a nova tecnologia. A medição dessas variáveis foi feita pela escala Likert. A avaliação qualitativa foi realizada através de um questionário com respostas de texto livre, que buscam registrar as experiências relatadas pelos sujeitos dos experimentos, além de suas sugestões e críticas.

Os equipamentos usados no laboratório e nos experimentos externos foram similares, sem configurações especiais de alto desempenho gráfico. A configuração do servidor OpenSim+VirtuALog é bastante comum, utilizando um processador I5, 4 GB de RAM e HD de 500 GB. Em alguns casos foi usado Ubuntu+Mono e em outros Windows 7+.NET no servidor. O OpenSim e o VirtuALog rodam em ambos sistemas com desempenho e funcionalidade equivalente. O computador típico para acessar o mundo virtual também tem uma configuração bastante comum, sendo usualmente um *laptop* com processador I3, 4 GB RAM, 500 GB HD, placa de vídeo padrão da Intel, rodando um *viewer* CtrAltStudio compatível com OpenSim, além do servidor de *streaming* Trinus VR para fins de imersão. Para imersão de RV foram testados três óculos RV de baixo custo. Para movimentação imersiva foram testados controladores de jogos USB compatíveis com PC e *gamepad* WIFI com mini-teclado. A visualização estereoscópica do mundo virtual foi implementada por *smartphones* de baixo custo com processador ARM 1.3Ghz, telas de 5" e 5.5", resolução 720x1280 pixels, 1 GB RAM, 8 GB ROM, alguns com giroscópio. A conexão de RV foi por USB *tethering* através do software Trinus VR viewer.

Os experimentos realizados em laboratório evidenciaram a funcionalidade e a estabilidade dos agentes e objetos do mundo WATT. No caso da interface não-imersiva, o desempenho de atualização da visualização 3D, das resposta das animações e das interações textuais (por mensagem IM) se mostrou apropriado. Na interface imersiva foram testadas duas configurações para visão estereoscópica: (a) geração pelo CtrAltStudio e (b) geração pelo servidor Trinus VR. Nos testes realizados, a configuração (b) se mostrou de melhor desempenho e melhor qualidade visual, com atraso muito pequeno e satisfatório para uso em aplicação educacional imersiva. Os testes com a tecnologia imersiva mostraram que esta é uma solução possível e de custo baixo (em torno de 750 reais por aluno) para interfaces imersivas com qualidade suficiente para fins educacionais por um período de até meia hora de uso. A tecnologia testada oferece uma combinação de óculos RV e *smartphone* de baixo custo com uma resolução de 640x720 pixels para o campo visual de cada olho, integrados com um controlador de jogos para movimentação e manipulação de objetos no ambiente RV.

A avaliação quantitativa do impacto do mundo WATT na aprendizagem é apresentada na Figura 8. Antes da simulação, a média de acertos no pré-teste foi de 37,85%. Após a simulação, a média de acertos do pós-teste subiu para 67,14% fornecendo boas evidências que a interação no mundo WATT auxiliou na aprendizagem do conhecimento sobre a Revolução Industrial. Porém, ainda que o resultado do pós-teste seja perceptivelmente melhor não é possível aceitar a hipótese de que o mundo WATT traz um impacto positivo na aprendizagem sem antes aplicar um teste de amostras pareadas para avaliar se a diferença encontrada entre as médias é significativa.

Embora o teste de normalidade de Shapiro-Wilk não tenha rejeitado a hipótese nula que tanto o pre quanto o pós-teste tenham uma distribuição normal, a análise dos histogramas correspondentes não forneceu um subsidio convincente da normalidade da amostra. Dessa forma, para verificar se a diferença entre as médias é significativa, foi

aplicado um teste não paramétrico pareado Wilcoxon usando a ferramenta R, por ser o teste recomendado quando as amostras não tem necessariamente distribuição normal (Malhotra, 2016, p. 226). O teste de Wilcoxon aplicado ao dados do experimento educacional resultou em um *p-value* de 0,0004886. Este teste indica que a hipótese nula, que não houve aumento na média, pode ser rejeitada para um nível de significância menor do que 5%, ou seja, quando *p-value* < 0,05. Assim a hipótese alternativa de que o WATT contribui para o aumento do percentual de acertos pode ser aceita.

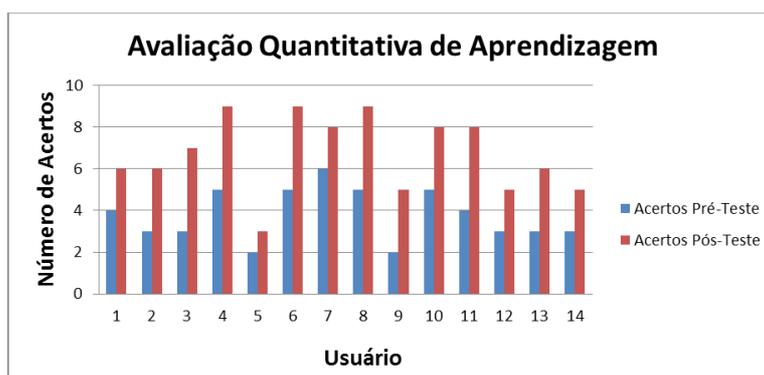


Figura 8: Resultado dos questionários de avaliação do impacto na aprendizagem

A pesquisa quantitativa de usabilidade da aplicação é apresentada na Figura 9, que demonstra os resultados obtidos no questionário baseado no método TAM2, através da escala Likert. O resultado pode ser considerado ótimo, pois todos os índices estão acima de três, o que é considerado um alto índice de satisfação.

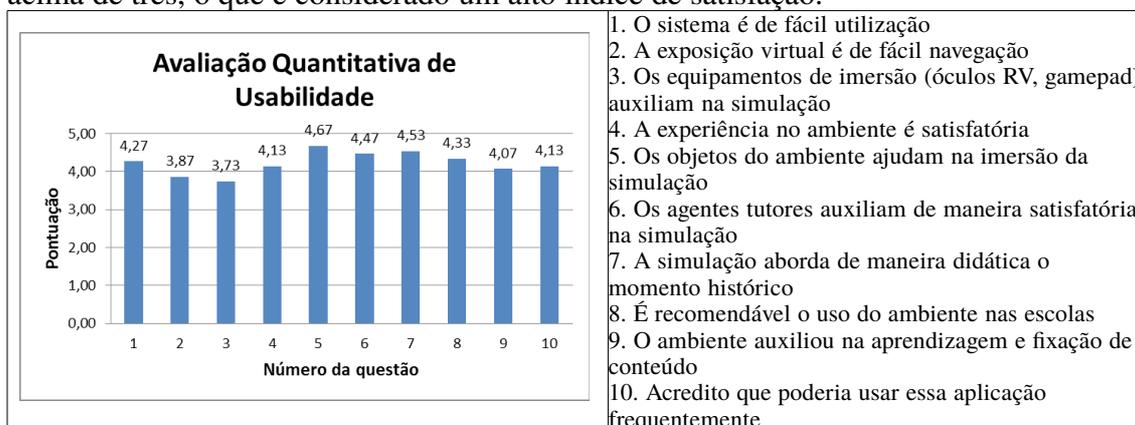


Figura 9: Resultado do questionário de avaliação de usabilidade

Na avaliação qualitativa, poucas foram as críticas dos usuários. Cinco usuários acharam desconfortáveis os equipamentos de imersão de realidade virtual, citando que sentiram-se incomodados em alguns momentos durante a navegação. Também foi destacado um possível melhoramento nos agentes pedagógicos com o reconhecimento de sinônimos e abreviações.

## 7. Conclusões

Os experimentos realizados com o mundo WATT, mostram evidências que seu emprego pode trazer um incremento de qualidade na aprendizagem da História. O mundo WATT mostra que é possível o desenvolvimento e ensino de conteúdos complexos em mundos 3D simulados, no qual o estudante pode passar a ser um personagem do processo, além de permitir a diversificação das formas de apresentação de conteúdos teórico. O tipo de tecnologia empregada, que permite o compartilhamento simultâneo do mundo virtual, faz com que toda a turma interaja com a matéria em estudo, desenvolvendo e

progredindo a experiência de aprendizagem. A análise técnica e econômica da tecnologia de imersão RV usada no WATT, mostra que é possível começar a explorar soluções de imersão de baixo custo para fins educacionais.

As evidências de que o mundo WATT traz um impacto positivo no processo de aprendizagem através de tecnologia de RV interativa, compartilhada e imersiva, geram além da necessidade de experimentos em escolas com o público alvo, a expectativa de novos trabalhos de pesquisa. O direcionamento da pesquisa agora se volta para avançar as possibilidades que a inteligência e interface de linguagem natural dos agentes pedagógicos trazem para fins educacionais. A introdução de mais técnicas de gamificação também é um objetivo importante, permitindo missões mais diversificadas e lúdicas, contendo distintos níveis de desafios e premiações. Outra questão importante visa pesquisar formas de interação textual e voz quando operando de forma imersiva. Isso possibilitaria muito mais formas de interação imersiva sem aumento de custo.

## Referências

- Arruda, R., Silva, W., Lamounier, E., et al. Realidade Virtual aplicada ao ensino de História por meio da Reconstituição de ambientes históricos. *Anais WRVA'07*, 2007, Itumbiara.
- Bynum, W. *Uma Breve História da Ciência*. 2013.
- Caimi, F. Por que os alunos (não) aprendem História? Reflexões sobre ensino, aprendizagem e formação de professores de História. *Revista Tempo*, v. 11, n. 21, 2006.
- Da Costa, E. *O invento de Jacquard e os computadores: alguns aspectos das origens da Programação do Século XIX*. 2008. PUC-SP. São Paulo.
- Falcão, E., Machado, L. S. Museu 3I: Publicação e Visitação Online de Acervos Tridimensionais. *Anais do VII WRVA*, São Paulo, SP. 2010.
- Gluz, J.C., Galão, M. C., Machado, F. Declarative and goal-oriented programming of virtual agents: an application to a virtual science fair. *Anais do III WAVE - CBIE 2015*, 2015.
- Greis, L.; Reategui, E. Um simulador educacional para disciplina de física em mundos virtuais. *RENOTE*, v. 8, n. 2, 2010.
- Lopes, C. The massification and webification of systems' modeling and simulation with virtual worlds. *Procs. of the 7th joint meeting of the European Soft. Eng. Conf. and ACM SIGSOFT Symp. on Foundations of Soft. Eng. ACM*, 2009. p. 63-70.
- Macedo, J. História: Ensino Médio – 1º Ano - Caderno do Aluno. Referenciais Curriculares do Estado do Rio Grande do Sul–Lições do Rio Grande: Caderno do Aluno- 1º Ano do Ensino Médio. Porto Alegre: Sec. da Educação do RS, v. 1, p. 159-178, 2009.
- Machado, F. *Revolução Industrial: Evolução tecnológica transforma as relações sociais*. 2005. Disponível: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/historia/revolucao-industrial-evolucao-tecnologica-transforma-as-relacoes-sociais.htm>>. Acesso: 12/05/2017.
- Malhotra, R. *Empirical Research In Software Engineering: Concepts, Analysis And Applications*. CRC Press. 2016. 1. ed. 486 p.
- Marangunic, N., Granic, A. Technology Acceptance Model: A Literature Review from 1986 to 2013. *J. of Univers. Access Inf. Soc.* v. 14, n. 1, p. 81-95, 2015
- Marcelino, R.; Mendes, G. M. L.; Silva, J. B. et al. Mundo Virtual 3D aplicado aos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. *Anais ICBL2013*, 2013, Florianópolis.
- Mattar Neto, J. O uso do second life como ambiente virtual de aprendizagem. *Anais da 31ª Reunião da ANPED*, v. 31, 2008.
- Narlock, L. *Guia Politicamente Incorreto da História do Mundo*. 2009.
- Oliveira, A., Gonçalves, T. O desafio em ensinar e aprender História: dificuldade dos alunos na leitura e na escrita nas séries iniciais do Ensino Fundamental II. *Anais XXVII Simpósio Nacional de História*, 2013.
- Valente, C., Neto, J. *Second Life e Web 2.0 na educação: o potencial revolucionário das novas tecnologias*. Novatec Editora, 2007.
- Wallace, R. *The elements of AIML style*. Alice AI Foundation, 2003.