

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

LUCIANO KERCHER GREIS

MUNDOS VIRTUAIS NA EDUCAÇÃO:
a Interatividade em Simulações de Fenômenos Físicos

Porto Alegre

2012

LUCIANO KERCHER GREIS

MUNDOS VIRTUAIS NA EDUCAÇÃO:
a Interatividade em Simulações de Fenômenos Físicos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para obtenção do título de Mestre em Educação.

Orientador: Prof. Dr. Eliseo Berni Reategui

Porto Alegre

2012

RESUMO

Uma nova geração de alunos, imersos em tecnologias que envolvem a utilização de mensagens de texto, mídias sociais e games, vem surgindo a cada dia, trazendo um foco diferente, uma mentalidade e um estilo de aprendizagem distinto em relação às gerações que os precederam. Estes alunos sentem-se igualmente confortáveis aprendendo em ambientes virtuais ou reais, pois não conseguem ver a diferença que separa um mundo do outro. A experiência de uso dessas tecnologias imersivas em um ambiente educacional poderia desencadear no aluno um maior engajamento e assim favorecer os processos de aprendizagem? Esta dissertação apresenta a possibilidade de utilização de um simulador social como recurso pedagógico, apresentando o recurso de simulação educativa de um conteúdo da disciplina de Física no contexto de um mundo virtual. Podemos trazer para esta situação de ensino e aprendizagem a possibilidade de reproduzir experiências pessoais, que são certamente mais significativas do que situações em que apenas apresentamos um modelo descritivo demonstrando o fenômeno. Novas possibilidades de interação e colaboração surgem neste modelo de simulação. Para tanto, foi desenvolvido um simulador que contempla um fenômeno físico estudado no primeiro ano do ensino médio, a colisão de dois corpos. A ambientação deste simulador remete o estudante a um parque de diversões, no qual ele interage com uma de suas atrações, o Carro Choque. A simulação aqui proposta busca instigar o aluno a descobrir “o que aconteceria se”. Mais que um simulador finalizado que apenas representa o fenômeno e determina qual a resposta é a correta, este simulador tem por objetivo auxiliar o aluno a observar o fenômeno e melhor compreender os conceitos a ele associados, formular suas próprias hipóteses e conclusões, tendo preferencialmente a presença de um professor que o instigue, crie as situações problema para que este aluno busque identificar as possíveis alternativas. Para validação da pesquisa, utilizou-se o simulador em uma turma de oitava série do ensino fundamental, com o objetivo de observar evidências de aprendizagem e engajamento dos estudantes no simulador proposto. Os seis alunos envolvidos na pesquisa, de cunho qualitativo, passaram por cinco etapas de observação, seguindo metodologia com base construtivista, tendo como principais referenciais os teóricos Piaget e Inhelder e Sinclair. A partir do acompanhamento dos alunos nos experimentos, foi possível observar que este modelo simulado alcançou os objetivos inicialmente propostos. A interatividade e imersão propiciados pelo ambiente virtual proporcionam um maior nível de engajamento aos alunos envolvidos na pesquisa e se mostraram facilitadores dos processos de aprendizagem relacionados aos fenômenos físicos considerados.

Palavras-chave: mundos virtuais, simulador educacional, interação, interatividade e imersão

ABSTRACT

A new generation of students, immersed in technologies which evolve with the use of text messages, social media and games, emerges day after day, bringing a different focus, learning mechanisms different from preceding generations. These students feel equally comfortable to learn in virtual or real environments, as they do not see the difference that separates one world from the other. The experience in the use of these immersive technologies in an educational environment could trigger in the student a higher level of engagement and in this way favor learning processes? This Masters dissertation presents an investigation about the use of a social simulator as a pedagogical resource, proposing an educational simulation resource of a topic in Physics, in the context of a virtual world. One may bring for this learning situation the possibility to reproduce personal experiences, which are certainly more significant than other situations in which a descriptive model demonstrating a given phenomenon is used. New possibilities of interaction and collaboration emerge in this simulation model. A simulator has been developed involving a physics phenomenon that is studied in the first year of high school: two-body collision. The setting chosen for the simulator was an amusement park, in which the student interacts with one of its attractions, the bumper car. The simulation proposed here attempts to instigate the student to find out “what would happen if”. More than a closed simulator that only represents the given phenomenon and determines which would be the correct answer, this simulator has as a main goal to help the student to observe the phenomenon and better understand the concepts associated to it, to formulate his/her own hypotheses and conclusions, preferably working with a teacher who can instigate him, who can create problem situations for the student to try to identify possible alternatives. To validate the research, the simulator has been used in a class with the goal of observing students’ learning and engagement evidence. The six students who participated in this qualitative research went through five observation steps, following a constructivist methodology, mainly based on the theorists Piaget, Inhelder and Sinclair. The experiments demonstrated that the simulated model achieved the proposed goals. The interactivity and immersion of the virtual world enabled a higher engagement level of the students participating in the research, and facilitated learning processes related to the physical phenomenon considered.

Keywords: virtual worlds, educational simulation, interaction, interactivity, immersion

LISTA DE ABREVIATURAS

SIMS – Mundos Virtuais	10
LSL – Linden Script Language	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Questionário Pré-Teste	69
Quadro 2 – Questionário Pós-Teste	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Interação	15
Figura 2 – Modelo de Simulação	26
Figura 3 – Estrutura SIMS	31
Figura 4 – Avatar	50
Figura 5 – Primeira Versão do Modelo Simulado	52
Figura 6 – Ferramenta de Criação no Second Life	53
Figura 7 – Aparência Final do Simulador	54
Figura 8 – Posição do Simulador	55
Figura 9 – Exemplo de Script do Second Life	56
Figura 10 – Construção de um Objeto no Second Life	57
Figura 11 – Representação do Fenômeno	60

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	09
1.1 OBJETIVOS	11
1.2 JUSTIFICATIVA	11
2. ABORDAGEM CONSTRUTIVISTA	14
2.1 APRENDIZAGEM	16
2.2 ENGAJAMENTO	19
3. SIMULAÇÕES IMERSIVAS DE APRENDIZAGEM	21
3.1 SIMULAÇÕES EDUCACIONAIS	21
3.2 A SIMULAÇÃO COMO INSTRUMENTO EDUCACIONAL	21
3.3 COMPODO UMA SIMULAÇÃO EDUCATIVA	24
3.4 TRABALHOS RELACIONADOS COM SIMULAÇÕES DE FÍSICA	27
4. MUNDOS VIRTUAIS	29
4.1 ELEMENTOS QUE COMPOEM MUNDOS VIRTUAIS	29
4.1.1 Jogos	31
4.1.2 Jogos Sérios	31
4.1.3 Mundos Virtuais na Educação	32
4.1.4 Second Life	34
4.1.5 Por que o Second Life?	36
5. INTERFACE E INTERATIVIDADE	40
5.1 IMERSÃO	47
5.2 AVATAR	49
6. METODOLOGIA: UM SIMULADOR DE FÍSICA PARA O SECOND LIFE	51
6.1 A PROPOSTA DE CONSTRUÇÃO DO SIMULADOR	51
6.2 COMPLEXIDADE NA CONSTRUÇÃO DOS SCRIPTS LSL	57
6.3 CONSERVAÇÃO DO MOVIMENTO LINEAR	59
6.4 A EXPERIÊNCIA DE USO	61
6.5 PROCEDIMENTO PARA COLETA DE DADOS	62
6.6 COLETA DOS DADOS	65
6.6.1 Onde a coleta dos dados ocorreu	67
6.6.2 Resultados da coleta dos dados	71
6.6.2.1 Perfil dos Alunos	72
6.6.2.2 Evidências de Aprendizagem	76
6.6.2.3 Evidências de Engajamento	80
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
8. REFERÊNCIAS	

1. INTRODUÇÃO

As dificuldades dos alunos em diferentes disciplinas das áreas de exatas já são bem conhecidas, principalmente quando falamos em estudantes do nível médio. Melo (2010) aponta que o contexto de conceitualização na ciência, a abordagem freqüentemente utilizada com os conteúdos escolares, segue uma tradição histórica que expressa os conceitos científicos meramente por definições. Estas definições descontextualizadas de sua realidade histórica, ausentes dos problemas (fenômenos, situações, contextos) que desencadearam a significação do conceito, tornam essas versões didáticas um problema sério na Física escolar. Quanto tratamos dos processos de ensino das ciências, “resumir um conceito científico a uma síntese, a uma definição, unicamente, oculta o complexo processo de conceitualização científica”.

A forma como as teorias são introduzidas em sala de aula, quando dissociadas da realidade e apresentadas essencialmente por um conjunto de fórmulas prontas e sem significado, pode então ser apontada como uma das maiores responsáveis pela relutância dos alunos em relação a estas disciplinas. Na busca por soluções, o computador passou a ser empregado como uma ferramenta no ensino e aprendizagem das Ciências Físicas (Fiolhais e Trindade, 2003). Recursos multimídia como hipertextos, imagens, animações e vídeos, representam algumas das alternativas possíveis para o processo de ensino e aprendizagem.

Podendo ser utilizados como ferramentas que auxiliam professores e alunos, estes recursos favorecem uma aproximação entre os conceitos teóricos e a realidade que observamos. A partir do interesse do aluno pela análise dos fenômenos físicos observáveis. Através de uma animação, por exemplo, é possível inserir conceitos teóricos mais complexos e utilizar a matemática como uma ferramenta para compreendê-los.

Os avanços na área de computação abriram pouco a pouco novas perspectivas para o professor abordar estes mesmos conteúdos. Uma nova possibilidade que foi tornando-se viável para o ensino de Física por exemplo, são as simulações educacionais, as quais permitem reproduzir em sala de aula os fenômenos físicos que de outra forma, necessitariam de modelos pedagógicos mais complexos para compreensão dos fenômenos observáveis no mundo real. Surgem deste modo novas possibilidades para explorar os conteúdos no meio digital. Este diálogo que se estabelece entre o homem e a máquina, o qual chamamos de

interação¹ (Lemos, 2002), possibilita nas simulações educacionais um novo patamar de interatividade para o aluno, ou seja, uma maior ação ou controle sobre o ambiente que está sendo explorado. Em uma outra abordagem, Piaget (1978) considera o conceito de interação como a relação entre sujeitos ou sujeito e o meio (sendo o meio físico ou social) e os processos complexos de trocas e significações. Através destas relações, desta interação entre o sujeito conhecedor e o objeto a ser conhecido, é que se origina a aprendizagem. Para o autor, o conhecimento não se dá por pressão do meio, ou por estruturas pré-determinadas, mas por um processo de equilibração e de abstração reflexionante (Marques, 2005)

A interatividade, que pode ser classificada de acordo com níveis pré-estabelecidos (Miller, 2004), indica a potencialidade de o aparato permitir a interação entre o homem e a máquina, ou a possibilidade de o usuário exercer no ambiente uma influência sobre seu conteúdo e a forma como a comunicação esta sendo mediada (Jensen, 1998). Através de uma ação interativa direta sobre elementos do ambiente, podemos alterar valores de variáveis que foram inicialmente previstas por aquele conjunto de alternativas, agindo diretamente sobre a informação dada e alcançando diferentes resultados.

Do ponto de vista da interatividade, avançamos ainda mais quando consideramos os SIMS ou Mundos Virtuais como ferramentas para o ensino e aprendizagem. Estes ambientes permitem uma representação virtual do usuário em um mundo artificialmente recriado, e trazem para este contexto elementos originários dos games e dos ambientes de simulação (Aldrich, 2009). Estes ambientes não mais consideram o usuário como um espectador dos dados que estão sendo demonstrados, mas os tornam participantes ativos da própria simulação. O objetivo deste tipo de simulação é tornar a interface o mais transparente possível, para que o ambiente faça sentido de forma intuitiva para o aluno que o está utilizando.

Nesta dissertação investigamos justamente algumas possibilidades pedagógicas para utilização de recursos de simulação de fenômenos físicos em Mundos Virtuais. Questionamos se um nível maior de interatividade e de imersão poderiam ser fatores relevantes para um maior engajamento e interesse por parte do aluno em relação ao modelo de simulação que está sendo proposto.

Para isto apresentamos um simulador educacional que aborda um conteúdo específico da disciplina de Física. Este simulador foi desenvolvido para esta pesquisa, e construído a

¹ Para Primo (2005), a interação é uma “ação entre os participantes de um encontro” e nesse sentido, o foco se volta para a relação estabelecida entre os interagentes e não nas partes que compõe o sistema global.

partir das funcionalidades do ambiente Second Life, um mundo virtual que possibilita a construção de ambientes interativos em três dimensões (3D). O conteúdo abordado por este simulador é a colisão de dois corpos, no qual estão envolvidos os conceitos físicos de massa e velocidade. A ambientação deste fenômeno de colisão utiliza uma situação que pode ser encontrada no mundo real, a colisão de dois carros-choque em um brinquedo de um parque de diversões.

1.1 OBJETIVOS

GERAL:

- Investigar de que maneira um maior nível de interatividade e imersão, proporcionados por uma simulação construída em um mundo virtual, pode favorecer o engajamento do aluno na atividade proposta e ser um elemento facilitador na construção de conhecimento sobre determinados conceitos físicos.

ESPECÍFICOS:

- Desenvolver um ambiente simulado que contemple fenômenos físicos da conservação do momento linear, no qual estão envolvidos os conceitos de massa e velocidade, dentro de um mundo virtual;
- Apontar outras possibilidades, do ponto de vista pedagógico, de explorar esta simulação de fenômenos físicos, construída dentro do mundo virtual.

1.2 JUSTIFICATIVA

Diversos fatores levaram ao interesse por este objeto de pesquisa. Podemos apontar o primeiro destes fatores como o fato de este trabalho tratar-se, de certa forma, de uma continuidade da pesquisa sobre mundos virtuais na educação que teve início durante meu curso de graduação. Busco abordar esta questão de forma mais aprofundada, e aproveito-me do número de publicações recentes e do interesse que este campo de aplicação da tecnologia projeta para futuras interfaces de ambientes educacionais.

Também consideramos uma preocupação quanto aos modelos atuais de ambientes dedicados ao ensino e aprendizagem de diversos conteúdos da disciplina de Física. Mais do que uma abordagem superficial, e não tendo o interesse final em uma simples aplicação de fórmulas, os processos de ensino e aprendizagem das ciências deve servir ao aluno para que aprenda a criar correlações entre a ciência que aprende em sala de aula e a que ele vive no mundo. Deve servir para que ele compreenda os fenômenos do universo em que se encontra.

Um ambiente de aprendizagem, nesta concepção, parte do que é observado no mundo do aprendiz. Não principia nos próprios conceitos teóricos da Física, mas chega a eles a partir do que é observado no mundo. Este ambiente deve servir para que o aluno possa estabelecer relações, propor hipóteses em novas situações que se apresentem. Neste sentido, novas tecnologias ampliam as possibilidades para que o professor possa reproduzir situações reais dentro da sala de aula, trazendo para os contextos de ensino e de aprendizagem situações verossímeis, e que são certamente situações de aprendizagem mais significativas para o aluno.

Plataformas cada vez mais tecnológicas surgirão nos próximos anos e as formas de interação com estes ambientes tornará o usuário destas tecnologias cada vez mais imerso nestes ambientes. Recursos de interface presentes no conceito de realidade virtual avançam cada vez mais, apropriam-se da forma como assistimos filmes ou televisão, como interagimos com nosso telefone celular, como jogamos vídeo-game. E esses recursos podem ser oferecidos também em plataformas educacionais.

A possibilidade de apontar a utilização de atuais ambientes tecnológicos, que inicialmente não foram construídos com a finalidade pedagógica é outro fator relevante neste trabalho. Por serem os mundos virtuais disponibilizados em uma plataforma aberta, no sentido de que não há um roteiro ou uma limitação para a construção de sua interface, podemos utilizá-la de acordo com diferentes princípios teóricos educacionais. Não há uma ordem pré-definida, ou um modelo pronto, fechado e que não pode ser alterado. Estas possibilidades abrem novos caminhos para que professores e alunos criem novos ambientes de interação, de comunicação e aprendizagem.

Este trabalho está estruturado como descrito a seguir. O segundo capítulo trata da abordagem construtivista, conceito teórico educacional que consideramos para os processos de ensino e aprendizagem envolvido nesta pesquisa. O terceiro capítulo trata dos conceitos teóricos relevantes a simulação educacional. O quarto capítulo trata dos conceitos de mundos virtuais, jogos, imersão, interatividade, além de abordar características específicas do

ambiente que está sendo utilizado. O quinto capítulo aborda a metodologia e a coleta de dados realizada em uma escola de ensino fundamental de Florianópolis (SC). O último capítulo traz as considerações finais.

2. ABORDAGEM CONSTRUTIVISTA

A construção e concepção de uso deste ambiente, um simulador educacional para o ensino de Física construído em um mundo virtual, o ambiente Second Life, propõe-se a fornecer ao aluno uma experiência baseada nas teorias do paradigma construtivista. Buscamos promover uma situação em que os alunos tenham um papel ativo na sua aprendizagem, e não se limitem a absorver conteúdos ou informações geradas pelo sistema. Uma condição necessária nesta concepção pressupõe que as novas informações, desafios ou novidades, sejam relacionadas aos conhecimentos que o aluno já possui, gerando condições para que se construam novos conhecimentos. Nesta perspectiva, iremos considerar os conceitos teóricos de Jean Piaget, o qual define aprendizagem como “a construção de estruturas de assimilação” (Becker, 2003, p.13). A função do professor, nesta concepção é “inventar situações experimentais para facilitar a invenção de seu aluno”.

Quando os alunos interagem com um ambiente de mundos virtuais, eles tratam este mundo como real (Chittaro & Ranon, 2007). Sua experiência educacional neste ambiente digital é real, existe, assim como o contato com os objetos virtuais ou outros usuários que podem encontrar pelo caminho não linear desta estrutura. O ambiente oferece um nível de realismo, uma possibilidade de vivenciar uma situação verossímil em uma situação educacional.

Piaget (Becker, 2003) acredita que o conhecimento é gerado através da interação entre o sujeito e o meio físico e social, a partir de estruturas existentes no sujeito. O que ocorre é um processo de construção, que passa por várias etapas sucessivas, nas quais são formados patamares de abstração. Não é um processo baseado em etapas ou estádios a serem superados, mas em estágios que se relacionam, onde o mais complexo não se desvincula do mais simples. A aprendizagem ocorre no momento em que há interação entre o sujeito e o meio, seja ele o ambiente, os objetos, as pessoas e a realidade, ou seja, tudo o que não é o sujeito. Esta interação entre sujeito e meio permite a construção de estruturas mentais, que utilizamos para solucionar os desafios ou situações com as quais interagimos.

Para Piaget (Becker, 2003, p. 18 e 41) esta interação significa que o conhecimento “não principia nem no sujeito (S), nem no objeto (O), mas em uma zona de indiferenciada ou na periferia (P) entre o sujeito e o objeto”. Acontece no mundo de relações que se estabelecem ou se criam entre esses dois mundos, conforme indicado na figura 1

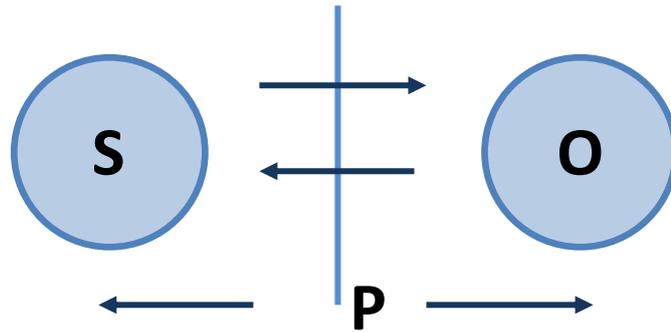


Figura 1 - Interação

Nesta perspectiva, a construção do conhecimento é resultado da equilibração das estruturas cognitivas do aprendiz e tomada de consciência, entre outros fatores. A explicação para a aprendizagem de acordo com o construtivismo baseia-se na relação entre a assimilação (organização interna – incorporação de elementos novos a uma estrutura já existente) e a acomodação (adaptação ao meio). A assimilação consiste na incorporação de elementos novos a uma estrutura pré-existentes enquanto a acomodação consiste na transformação das estruturas já existentes para incorporar os elementos novos.

Através da ação interativa sujeito-objeto, o sujeito assimila novas informações e acomoda as próprias estruturas, utilizando-se dos sistemas conceituais que possui. O fortalecimento destes mecanismos de assimilação e acomodação, ou seja, a adaptação ao novo, permite o aumento de seu conhecimento e, conseqüentemente de sua aprendizagem.

Pressupomos que os sujeitos escolhidos tenham estruturas cognitivas que lhes permitam assimilar os elementos novos apresentado pelo simulador, ou seja, a narrativa escolhida para esta experiencição, a colisão de dois veículos, faz parte de seu repertório, de seus conhecimentos prévios. A novidade, o que se apresenta como novo para o sujeito, são as situações criadas a partir do momento em que o controle sobre o acontecimento lhe é permitido, e que lhe são feitos os desafios por parte do professor. São os novos elementos que se apresentam no momento em que permitimos que ele tenha o domínio sobre esta situação de colisão. Este é o processo de assimilação, ou seja, o sujeito está classificando novos elementos (objetos, acontecimentos, etc.), propostos pela alteração das variáveis do simulador, e relacionando aos conhecimentos que já possui em seus sistemas de significado, o que possibilita a ele estabelecer novas relações, hipóteses e teorias. Os processos de acomodação são os novos esquemas (ou a modificação dos esquemas já existentes), que permitem ao aluno agir sobre as configurações propostas pelo modelo e propor uma nova condição, prever novas

situações, estabelecer relações sobre o que aconteceu e o que acontecerá se ele agir de determinada forma. Diante da situação nova que se apresenta, o sujeito tenta utilizar os esquemas que já possui, ou seja, assimila os elementos novos aos esquemas que já possui. Porém, se esses esquemas que possui são insuficientes para dar conta da situação nova, as estruturas já existentes terão que ser modificadas para que se criem novas formas de lidar com esse elemento novo. A essa modificação chama-se acomodação

Entretanto, Piaget considera que assimilação e acomodação constituam dois pólos sempre inseparáveis e não duas condutas distintas. O movimento de equilibração entre a assimilação e a acomodação é denominado de adaptação.

Para Piaget (1959. P69 apud Becker, 2003) “uma aprendizagem não parte jamais do zero”. Portanto, a formação de um novo hábito consiste sempre em uma diferenciação a partir de esquemas anteriores. Isto significa dizer que o conhecimento adquirido por aprendizagem “não é jamais nem puro registro, nem cópia, mas o resultado de uma organização na qual intervém em graus diversos o sistema total dos esquemas de que o sujeito dispõe”.

Na concepção construtivista de Piaget, uma ação perturbadora no sistema de significações do aprendiz, ou seja, o desequilíbrio é o mecanismo que desencadeia o processo de aprendizagem no sujeito. Ao buscar novamente o equilíbrio entre assimilação e a acomodação em seus sistemas de significação e seus sistemas lógicos, o aprendiz pode realizar a abstração reflexiva, tomando a consciência necessária à generalização do conceito. Com o aumento das generalizações, logo, o aumento da extensão do conceito, aumenta a compreensão, possibilitando a transposição do conhecimento a outras situações.

O papel do professor que está auxiliando o aluno neste contexto construtivista é realizar intervenções, questionamentos, sugestões de procedimentos e propostas de soluções que criem situações capazes de perturbar os sistemas de significação do sujeito, provocando tal desequilíbrio. Para isto, neste trabalho propomos a utilização do ambiente Second Life, o qual permite ao professor propor a construção de situações-problema, situações que desafiam o aluno a criar soluções, formular hipóteses tomar decisões e aprender através da descoberta.

2.1 APRENDIZAGEM

Sendo nosso objetivo geral investigar se um maior nível de interatividade e imersão,

proporcionados pela simulação construída em um mundo virtual, pode ser um elemento facilitador na construção de conhecimentos sobre os conceitos físicos envolvidos nesta atividade, obrigamo-nos a definir o que é a aprendizagem, na teoria educacional sobre a qual está sendo proposto o modelo.

Piaget distingue dois tipos de aprendizagem: a aprendizagem "lato sensu", e a aprendizagem "stricto sensu" "No sentido restrito, só falaríamos de aprendizagem na medida em que um resultado (conhecimento ou atuação) é adquirido em função da experiência, essa experiência podendo aliás ser do tipo físico ou do tipo lógico-matemático ou dos dois" (Piaget & Gréco, 1974, p. 52).

Piaget acrescenta que os processos de aprendizagem "*stricto sensu*" e "*latu sensu*", são aquisições mediatas, porque se dão no tempo, tempo este no qual ocorre a interação do sujeito com o objeto, num processo de assimilação e acomodação, e portanto, supõe estruturas prévias de pensamento.

Através da combinação dos processos de aprendizagem, chamaremos "aprendizagem no sentido amplo (s.lat ou lato sensu)" à união das aprendizagens *stricto sensu* com os processos de equilíbrio. "Trata-se nesse caso de compreensões graduais e não mais imediatas, mas tais que o confronto de duas afirmações a e b (as quais podem ser devidas, cada uma por sua vez, a uma aprendizagem ou a uma leitura em função da experiência) dá lugar a um resultado novo c" (Piaget & Gréco, 1974, p. 54). Este resultado alcançado, c, é proveniente do fato de que uma contradição entre a e b foi levantada, enquanto até então não tinha sido percebida ou não pode ser ultrapassada.

Conforme veremos no capítulo sobre metodologia, interessa-nos saber no questionário pós teste, se o aluno foi capaz de lembrar dos tópicos tratados, a capacidade de relacionar o que foi trabalhado com conhecimento o conhecimento prévio – para Piaget, a aprendizagem é a construção de novidades por meio da relação entre o já sabido e o novo – ou seja, a aprendizagem no sentido *stricto*.

Também é relevante identificar se o aluno é capaz de resolver um problema semelhante, mudando o contexto, as variáveis. Há aprendizagem no sentido *lato*, para Piaget, quando um sujeito consegue realizar algo que não ensinado, ou seja, ele consegue resolver um problema novo. A aprendizagem "lato sensu" seria aquela que de certo modo engloba a aprendizagem "stricto sensu" e a equilíbrio (Piaget & Gréco, 1974, p. 54) de modo que traz em seu bojo a abstração reflexiva. Portanto esta é a "verdadeira aprendizagem", pois por meio

dela o sujeito constrói conhecimentos novos, ou seja, ela envolve o desenvolvimento.

Para exemplificar, uma criança em processo de alfabetização realizou uma aprendizagem *stricto sensu* quando ela reconhece e consegue escrever as palavras que alguém ensinou. Aprendizagem *lato sensu* seria quando consegue escrever qualquer palavra, por mais desconhecida que seja (mesmo que possa, é claro, escrever com alguns erros ortográficos). Ou seja, é quando compreendeu a noção. Daí consegue aplicar a qualquer situação.

Em *Aprendizagem e Estruturas do Conhecimento*, Inhelder, Bovet e Sinclair (1977) procuram verificar, por meio de oito diferentes experiências, as possíveis relações entre a aprendizagem *stricto sensu* e a construção das estruturas do conhecimento ou processo de equilibração. Esta obra é importante para o desenvolvimento deste trabalho pois aborda os conceitos de pré-teste e pós teste, que serviram de base para a coleta de dados realizada durante a pesquisa.

As autoras analisam o processo dos sujeitos a partir do ponto de partida de cada um, tentando identificar o quanto cada um evoluiu e, portanto, afirmando que o ensino é importante, porém mostrando que cada um evoluiu a partir do seu próprio ponto de partida, ou seja, mostrando que o ensino sozinho não responde pela aprendizagem.

Em suas pesquisas, oito experiências distintas, as autoras procuram demonstrar que se a aprendizagem *stricto sensu* é importante, porém ela não é suficiente para a construção das estruturas cognitivas. Os resultados apresentados a partir das situações de aprendizagem estão intimamente ligados “ao nível de partida de cada um dos sujeitos” (INHELDER, BOVET e SINCLAIR, 1977, p.259).

Para as autoras, o progresso atingido por cada um dos sujeitos, e aí reside a importância de se acompanhar o caminho individual, sempre se mostrou condizente com os resultados iniciais. Ou seja, o aproveitamento das situações de aprendizagem depende das estruturas já construídas até aquele momento e não, unicamente, da estimulação do meio. Além disso, observa-se em todos os sujeitos a mesma ordem de sucessão das diferentes construções.

As condições do meio realmente desempenham um papel significativo na construção das estruturas cognitivas. Porém, não há aprendizagem se o indivíduo não tiver estruturas, construídas por ele, às quais assimilar os novos elementos. Reside, aí, a hipótese construtivista de Piaget sobre o desenvolvimento das estruturas cognitivas, segundo a qual “cada nova etapa integra as precedentes, ao mesmo tempo em que atribui uma parte cada vez

maior às influências do meio” (INHELDER, BOVET e SINCLAIR, 1977, p. 262).

Segundo o próprio Piaget (1968, apud: MONTANGERO e MAURICE-NAVILLE, 1998, p.178) “as estruturas humanas não partem do nada e, se toda estrutura é o resultado de uma gênese, é necessário, decididamente, admitir, à vista dos fatos, que uma gênese constitui, sempre, a passagem de uma estrutura mais simples a uma estrutura mais complexa, e isto segundo uma regressão sem fim”.

2.2 ENGAJAMENTO

O quanto envolvido o aluno estava na atividade proposta? Para Piaget, engajamento é fundamental, pois a aprendizagem ocorre pela ação e o motor da ação é o afeto. Mas não nos esqueçamos de que esta não é atividade fim da escola. Pode haver engajamento e não resultar em aprendizagem. Para Piaget o interesse é condição necessária para a aprendizagem, mas não condição suficiente.

Piaget & Gréco afirmam que a assimilação comporta uma estrutura (aspecto cognitivo) e uma dinâmica (aspecto afetivo), mas sob formas inseparáveis e indissociáveis. “Não nos é, pois necessário, para explicar a aprendizagem, recorrer a fatores separados de motivação, não porque eles não intervenham (o que constituiria uma interpretação intelectualista que está nas antípodas de nossa posição), mas porque estão incluídos desde o começo na concepção global da assimilação” (Piaget & Gréco, 1974, p. 65).

Em outra obra, Piaget afirma que é incontestável o fato de o afeto desempenhar um papel essencial no funcionamento da inteligência. “Sem afeto não haveria interesse, nem necessidade, nem motivação; e, conseqüentemente, perguntas ou problemas nunca seriam colocados e não haveria inteligência”. Para o autor a afetividade é uma condição necessária na constituição da inteligência, porém não é o fator suficiente para que ocorra a aprendizagem (Piaget, 1962). Para o autor, a afetividade não explica a construção da inteligência, mas as construções mentais são permeadas pelo aspecto afetivo. Toda a conduta tem um aspecto afetivo e um cognitivo, e um não funciona sem o outro.

Este ponto é fundamental para o trabalho aqui proposto. No momento em que a narrativa escolhida foi a colisão de dois veículos em um brinquedo de um parque de diversões, e o ambiente escolhido assemelha-se a um jogo de vídeo game, acreditamos ter

reunido condições necessárias para criar um ambiente afetivo suficientemente interessante para o engajamento dos alunos envolvidos. Este ambiente foi construído para que o aluno sintasse-se confortável ao interagir com os conteúdos, com o objeto de pesquisa.

Para Chapman (2003), o engajamento na escola refere-se à intensidade e qualidade emocional do envolvimento dos alunos na realização de atividades de aprendizagem. Os alunos que estão envolvidos exercem intenso esforço e concentração, demonstram envolvimento comportamental e emocional positivos durante o desenvolvimento das atividades de aprendizagem. Geralmente demonstram emoções positivas durante as atividades, incluindo entusiasmo, otimismo, curiosidade e interesse

O oposto de engajamento é desafeto. Crianças descontentes são passivas, não se esforçam, e desistem facilmente diante de desafios.

O autor aborda o engajamento através de três critérios: investimento cognitivo dos estudantes, a participação ativa e envolvimento emocional com as tarefas específicas de aprendizagem. Os critérios são descritos da seguinte forma:

- Critério cognitivo (Cognitive - mental effort)

É o índice que indica até que ponto os alunos estão dispostos a despendere esforço mental nas tarefas de aprendizagem encontradas (por exemplo, os esforços para integrar o material novo com o conhecimento anterior e para monitorar e orientar a compreensão da tarefa através do uso de estratégias cognitivas e meta-cognitivas),

- Critério comportamental (Behavioural - making active responses)

É o índice que indica até que ponto os alunos estão fazendo ativamente as tarefas de aprendizagem apresentadas (por exemplo, respondendo utilizando uma instrução anterior, fazendo perguntas pertinentes, resolvendo problemas relacionados com a tarefa, participar de discussões relevantes com os professores / pares)

- Critério afetivo (Affective - emotional reactions to, the learning tasks)

É o índice que indica o nível de investimento dos alunos, suas reações emocionais as tarefas de aprendizagem (por exemplo, altos níveis de interesse ou de atitudes positivas em relação nas tarefas de aprendizagem).

3. SIMULAÇÕES IMERSIVAS DE APRENDIZAGEM

Simulações imersivas de aprendizagem representam um amplo gênero de aplicações que incluem mini jogos, planilhas interativas, experiências em espaços virtuais, jogos de estratégia em tempo real entre outros. Este elemento constitui-se de duas possibilidades: Simulações Educacionais e Jogos Sérios.

3.1 SIMULAÇÕES EDUCACIONAIS:

As simulações educacionais apresentam-se de muitas formas. Podemos ter, por exemplo, histórias ramificadas, ambiente no qual o desenvolvimento da atividade é definida pelo aluno, que faz escolhas em um menu (múltiplas escolhas). Também há laboratórios virtuais, onde o aluno pode interagir com um produto virtual e a partir de determinado diagnóstico que se apresenta, cabe ao aluno oferecer alternativas para solucionar o problema. Outra possibilidade é a atividade prática (Practiceware), ambiente no qual o aluno será encorajado a repetir ações de acordo com as situações apresentadas por um modelo (frequentemente construído em 3D) que possui representatividade a uma situação encontrada no mundo real.

Dentre as características presentes nestes modelos de simulações educacionais, Aldrich (2009) destaca:

- Não possuem necessariamente em suas metas a intenção de propor diversão aos participantes;
- Estão dispostos a oferecer situações específicas de aprendizagem;
- Fazem parte de um programa de aprendizagem formal e são construídos principalmente para nutrir metas de aprendizagem específicas aos participantes. Visam alcançar os resultados previamente desejados;

3.2 A SIMULAÇÃO COMO INSTRUMENTO EDUCACIONAL

Um dos problemas enfrentados ainda hoje no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos físicos certamente passa pelo fato de que os alunos raramente vêem a relação entre a

ciência que aprende na escola e os problemas da ciência que eles realmente encontram nas situações cotidianas. Não raro estes processos de ensino e aprendizagem estão relacionados com a memorização de fatos ou fórmulas, e muito pouco preocupados em realmente desenvolver competências para que os alunos possam investigar os problemas por conta própria (Melo, 2010).

As atividades que são propostas para o desenvolvimento individual do aluno, não levam em consideração os benefícios que as atividades em grupo poderiam oferecer a estes processos. Também neste sentido, o valor que a interação dos alunos com os objetos de estudo e de atividades que envolvem a colaboração e interação social podem trazer para este processo, não raro, são ignorados.

Na busca por soluções, vídeos e animações passaram a tentar suprir estas necessidades. Propondo uma abordagem dos conceitos teóricos a partir de situações que possam ser presenciadas no dia a dia, estes recursos buscam aproximar o conhecimento teórico com a vida cotidiana destes alunos.

Posteriormente recursos computacionais trouxeram novas possibilidades e nos permitem oferecer ambientes simulados, ou simuladores, onde os alunos podem interagir com modelos virtuais, objetos reais e busquem explorar as possibilidades que este modelo oferece. A aprendizagem ocorre através da construção de conceitos a partir das intuições que surgem de sua experiência direta do ambiente.

Para Kapp e O'Driscoll (2010), o termo simulação possui vários significados. O mais conhecido inclui a utilização de softwares que buscam emular equipamentos atuais para treinamento, como o que ocorre com o Flight Simulator por exemplo, onde aprendizes pilotos aprendem a voar utilizando um ambiente realista. O sistema reproduz uma parte do ambiente real, o qual o aprendiz irá conhecer, aprender e praticar.

Podemos através da simulação, imitar ou reproduzir situações reais ou mesmo propostas na forma abstrata, dos fenômenos que desejamos simular. Os experimentos que utilizam estas possibilidades buscam entender o comportamento ou avaliar estratégias para a sua operação. Aldrich (2009), delimita simulações educacionais como “ambientes estruturados, abstraídos de alguma atividade da vida real, que permitem aos participantes praticar suas habilidades no mundo real, pois fornecem feedback apropriados em um ambiente cujos resultados são controlados e previsíveis”.

Clark e Mayer, (2008, p350) definem dois tipos básicos de simulações: Simulação operacional que é utilizada principalmente para ensinar habilidades pessoais, como o treinamento de aplicações de software, área médica e treinamento de voo, e as Simulações conceituais, com foco na aprendizagem do domínio específico de estratégias do conhecimento e habilidades. As Simulações conceituais são concebidas para proporcionar o conhecimento de um domínio específico, habilidades e resolução de problemas.

Em uma outra abordagem, Filho (2001, p.3 *apud* Pegden 1990), indica que “simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação”. A simulação nesta abordagem é um processo mais amplo, que busca descrever o comportamento do sistema, com o propósito de construir teorias e hipóteses considerando as observações efetuadas e usar o modelo para prever o comportamento futuro, isso é, os efeitos produzidos por alterações no sistema ou nos métodos empregados em sua operação. Para o autor, “a simulação de modelos permite ao analista realizar estudos sobre sistemas correspondentes para responder questões tipo: “O que aconteceria se?”.

Desta forma, torna-se importante delimitar aqui o sentido considerado para o termo simulação, não estando este restrito apenas a uma animação ou a uma navegação orientada através de um ambiente construído digitalmente. Estamos sim relacionado simulação diretamente à possibilidade do usuário interagir com os recursos de software e hardware oferecidos pela plataforma que esta sendo utilizada. Esta ação do usuário sobre o ambiente simulado interfere nos resultados observáveis.

Ainda mais importante, é que não buscamos com a utilização do ambiente simulado uma espécie de treinamento de alunos para que possam posteriormente reagir as situações similares que se apresentem na vida cotidiana, mas numa outra abordagem, instigar o aluno para que possa sim, a partir do que é apresentado neste que é um objeto de aprendizagem, formular suas teorias e hipóteses. Este modelo de simulação, busca instigar o aluno a perguntar o que aconteceria se? Busca realizar uma abordagem inicial, introduzindo o conteúdo a ser abordado na disciplina de forma a realmente armar o aluno com dúvidas, sem procurar ser um substituto ou um produto finalizado da teoria, e exigindo do professor a retomada dos conceitos teóricos físicos, que necessariamente fazem parte do processo de aprendizagem.

A partir de um outro tipo de simulador, classificado por Kapp e O’Driscoll (2010) como um Simulador Social², que “consiste de pessoas utilizando um sistema simulado para interagir com outras pessoas”, passamos também a considerar as trocas e significações entre os participantes, e as possibilidades propostas por esta mídia social, que instiga a colaboração e a interação entre alunos. Estes sistemas buscam incentivar as pessoas para aprender a interagir em um ambiente artificial.

Estes recursos de simulação educacional aplicados em um ambiente de mundos virtuais, busca também apropriar-se dos avanços conquistados no campo da interação com recursos computacionais que surgem a partir do vídeo-game, trazendo elementos de competição, fantasia, narrativa e mesmo uma preocupação com a navegação (usabilidade) e a estética do ambiente. Tais características podem contribuir na construção de ambientes de simulação mais envolventes e interativos, tornado-os ainda mais interessantes do ponto de vista educacional.

3.3 COMPONDO UMA SIMULAÇÃO EDUCACIONAL

Para Aldrich (2009), alguns elementos que encontramos nos jogos de vídeo-game podem favorecer a motivação, o que poderíamos considerar como uma possibilidade de buscar no aluno um maior engajamento ou interesse. Esta motivação seria responsável por criar em modelos de software pedagógicos, situações equivalentes as que encontramos nos modelos de jogos criados para entretenimento. Para o autor, aprender a partir de um jogo é mais natural do que em uma sala de aula tradicional. A motivação do aluno para aprender neste ambiente é maior, e parte das incertezas geradas pelos diversos níveis de dificuldade do jogo. Informações ocultas e desafios, o apelo emocional da fantasia criada pela história que envolve esta atividade e a curiosidade, são componentes cognitivos que fazem parte do contexto deste ambiente.

Podemos considerar também que a necessidade de o aluno seguir regras pré-estabelecidas em ambientes tradicionalmente computacionais são reduzidas no ambiente que possui uma interface semelhante a um game de entretenimento. Adams & Rollings (2007) apontam que esta característica liberta os jogadores para que sintam-se mais imersos no

² Simuladores sociais utilizam fotografias, vídeos ou mais recentemente, componentes tridimensionais (Kapp e O’Driscoll, 2010).

ambiente educacional, proporcionando um maior interesse em participar das experiências propostas.

Mas para Clark e Mayer (2008) nem sempre a utilização de jogos em educação tornam a experiência educacionalmente mais efetiva. Suas pesquisas apontaram que mesmo oferecendo um maior motivação aos alunos que utilizaram os games em processos de ensino e aprendizagem de Física, o desempenho destes, era menor em relação aos alunos que não utilizaram os games. Uma narrativa mais complexa, com altos níveis de fantasia e desafio, ambientes gráficos altamente detalhados, com sistemas de áudio fortemente presentes e que oferecem situações altamente exploratórias, podem de certa forma sobrecarregar ou distrair as estruturas mentais dos alunos, tornando-se contraproducente para a aprendizagem. Simulações ou jogos que oferecem situações altamente exploratórias podem levar a uma grande atividade, mas a pouca aprendizagem.

Os autores argumentam que os alunos acabam dedicando-se mais aos elementos de jogo, a competição e a fantasia, do que aos conceitos teóricos envolvidos no processo. A competitividade obsessiva, com foco principalmente na pontuação que os alunos estavam alcançando no game pode prejudicar a ênfase sobre os conceitos teóricos que o ambiente pretendia trazer, e a reflexão sobre os princípios físicos envolvidos na situação de aprendizagem. Nos experimentos propostos em suas pesquisas, o autor pôde ver que mesmo sendo o ambiente de jogo mais divertido, este prejudicou a aprendizagem, além de que o sucesso no jogo, não necessariamente resulta em uma maior aprendizagem.

A proposta de utilização dos SIMS no contexto educacional vai ao encontro destas perspectivas. O objetivo aqui não é criar um jogo educacional, mas sim um simulador no qual componentes que estão presentes nos games e os tornam tão atraentes e agradáveis para os alunos em um momento de entretenimento, possam agora ser explorados para oferecer uma experiência educacional. Para isto, utilizamos alguns pressupostos apontados por Mark e Mayer (2008, p355) que consideram alguns fatores que tornam os games tão interessantes e divertidos, e que são: (1) um desafio: uma estrutura que não é nem demasiadamente simples nem demasiadamente difícil, (2) de controle: os jogadores devem sentir que podem afetar os resultados do jogo e que o jogo mantém um ótimo ritmo, (3) a curiosidade: por exemplo, quando as oportunidades exploratórias levam a resultados imprevisíveis, e (4) da fantasia: a percepção de participação em um feito de meio ambiente.

Na abordagem tradicionalmente utilizada no contexto da conceitualização na ciência (Melo, 2010), os ambientes de simulação são apresentados conforme o modelo descrito na figura 2, e que servirá de ponto de partida para o modelo proposto por nós. Destinado ao ensino e aprendizagem do fenômeno físico da colisão entre dois corpos “A” e “B”, o modelo possibilita que um aluno defina os valores das variáveis envolvidas na simulação: *velocidade inicial* e *massa* de ambos os corpos, além do *coeficiente de elasticidade*. A simulação é apresentada através de uma interface simples, onde o aluno deve alterar as variáveis e pressionar o botão para iniciar a animação.

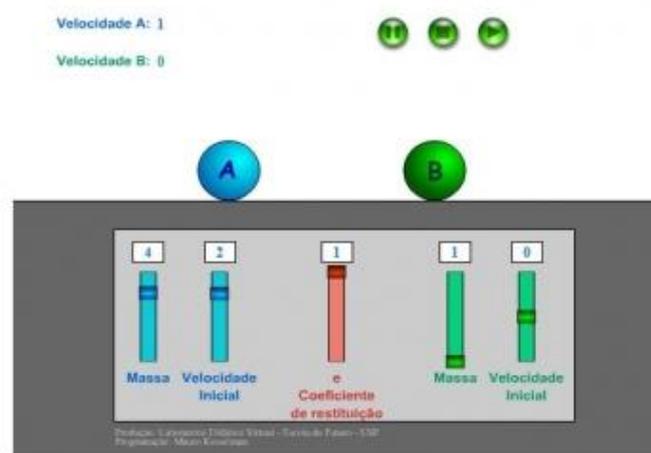


Figura 2 – Modelo de Simulação³

Este modelo permite ao aluno identificar as variáveis envolvidas no conceito teórico e visualiza facilmente a reação dos corpos no momento da colisão. Mas este é um modelo que serve apenas para exemplificar e descrever os conceitos teóricos. Não possui por exemplo um cenário ou qualquer outro recurso que possa ser utilizado para relacionar sua utilização ou observação no mundo real.

Ao reproduzir esta simulação em um mundo virtual, podemos ampliar as possibilidades de interação do usuário com o modelo simulado. A imersão do aluno no ambiente, através de seu Avatar, ou seja, a representação física virtual do aluno dentro do ambiente, assim como o cenário e objetos interativos construídos em três dimensões, e aliado

³ O modelo da simulação representa a colisão física a qual servirá de ponto de partida e comparação em relação ao modelo estudado.

às possibilidades de comunicação que a plataforma nos oferece, permite que novas situações de aprendizagem sejam planejadas para o mesmo conteúdo. Esta experiência será certamente mais rica para o aluno, pois poderá relacionar estes conceitos a suas experiências e conhecimentos prévios (Aldrich, 2009)

3.4 TRABALHOS RELACIONADOS COM SIMULAÇÕES DE FÍSICA

Diversos artigos referentes à utilização de sistemas simulados e ao processo de ensino e aprendizagem de disciplinas da física estão disponíveis para consulta nos portais de divulgação científica. Destacamos aqui a pesquisa de Camiletti e Ferracioli (2002). A semelhança do estudo apresentado pelos autores com a pesquisa aqui realizada refere-se à utilização do que o autor chama de Ambiente de Modelagem Computacional, ou seja, um ambiente que originalmente não foi proposto para este fim específico, mas atendeu às expectativas iniciais. Ressaltamos também que o objetivo pedagógico dos autores foi possibilitar ao aluno ampliar sua capacidade de formular perguntas, e não simplesmente encontrar respostas. Os autores utilizam o que descrevem como uma metáfora com ícones que remetem a determinados eventos ou relações, ou seja, não utilizam um ambiente tridimensional ou com recursos avançados de interatividade.

Outra possibilidade bastante comum nos sistemas computacionais simulados é a inserção de dados para posterior análise de gráficos ou conjunto de informações dispostas em planilhas disponibilizados pelo sistema. Assim, destacamos o trabalho de Arnold e Pelá (2004), que descrevem a utilização de um ambiente simulado que fornece gráficos em duas e três dimensões para discussão dos fenômenos físicos dos campos ultra-sônicos. A pesquisa proposta pelos autores não tem como foco elementos de interatividade e imersão em um simulador, como é o caso da projeto apresentado nesta dissertação.

Uma outra abordagem pedagógica oferece aos próprios alunos a oportunidade de desenvolver o ambiente simulado que será utilizado para o estudo. A linguagem de programação Python, descrita por Morales, Rangel e Torres (2009) foi a escolhida em suas pesquisas. Neste estudo, os alunos com conhecimentos básicos em programação conseguiram desenvolver protótipos que simulam os fenômenos físicos que estão sendo estudados em sala de aula. Entende-se, contudo, que a exigência de conhecimentos básicos de programação acaba por restringir bastante o uso de tal aplicação. A ideia de nossa pesquisa foi de

desenvolver um ambiente que pudesse ser utilizado por um grupo mais abrangente de estudantes, de maneira mais fácil e intuitiva.

4. MUNDOS VIRTUAIS

SIMS ou Mundos Virtuais são ambientes virtuais acessados através da internet. Sua interface é composta por cenários tridimensionais (3D)⁴, pelos quais os usuários navegam utilizando-se de um Avatar, que será seu personagem, sua representação virtual. Os objetos que os Avatares encontram nestes cenários podem ser interativos, ou seja, o usuário pode ter uma ação sobre estes. Todo o ambiente é construído para ser uma representação do mundo real, no qual podemos nos comunicar e interagir.

Os mundos virtuais trazem novas possibilidades pedagógicas para o processo de ensino e aprendizagem. A partir de suas funcionalidades, podemos pensar na possibilidade de construção colaborativa de conteúdos, na utilização não linear de multimídias tais como textos, sons, vídeos, hiperlinks, objetos simulados e interativos, na comunicação a distância por voz e chat, além de um modelo diferente de navegação para a exploração da interface computacional. Esta navegação difere, por exemplo, da utilização de páginas de internet, ou mesmo dos simuladores educacionais utilizados até então. Por envolver cenários tridimensionais e objetos interativos, assemelha-se mais a um jogo de vídeo game, e certamente deve ser projetado para oferecer uma experiência de navegação intuitiva ao aluno.

A comunicação síncrona ou mesmo assíncrona entre professores e alunos aqui representados digitalmente por Avatares, que se encontram e podem interagir entre si neste ambiente, utiliza ferramentas de comunicação por chat ou voz disponibilizados pela interface do ambiente e já constitui um exemplo bastante interessante de utilização desta ferramenta no contexto educacional. Mas podemos ainda associá-lo a exibição de filmes, imagens, slides com conteúdos, links para páginas da internet que podem ser acessados de dentro do ambiente, além de objetos interativos, que podem ampliar a gama de recursos que este ambiente oferece.

4.1 ELEMENTOS QUE COMPÕEM MUNDOS VIRTUAIS

Aldrich (2009), define SIMS como “ambientes que combinam elementos de games, simulações educacionais e elementos pedagógicos, para tornar mais motivadora a experiência educacional”. Segundo o autor, estes elementos se relacionam, e cada um de seus componentes oferecem características distintas para formar uma estrutura que irá permitir

⁴ Imagens 3D são imagens de duas dimensões elaboradas de forma a proporcionarem a ilusão de terem três dimensões.

diversas possibilidades de utilização.

Os elementos de games segundo o autor, são as técnicas que motivam as pessoas a querer participar de uma experiência, e constituem a motivação extrínseca envolvida na tarefa. Isto inclui a fantasia, a competição, a beleza e uma grande história.

Já os elementos pedagógicos buscam envolver os alunos em uma experiência de aprendizagem, garantindo que os participantes utilizem seu tempo de forma produtiva. Esses elementos podem relacionar os elementos virtuais da interface com elementos presentes no mundo real. Podem também ser mentores, supervisores ou guias que auxiliam a quebrar tarefas mais complexas em tarefas mais simples, além de poder fornecer um comentário relevante quando necessário.

Nos SIMS, elementos pedagógicos podem incluir dicas do jogo e as direções, gráficos, destacar aspectos importantes, forçar momentos de reflexão. Os elementos pedagógicos buscam oferecer um equilíbrio entre os elementos de simulação e os elementos de jogos. Conforme Aldrich (2009), nas experiências educacionais, os elementos pedagógicos auxiliam os alunos em:

- Saber o que fazer (que ação devo realizar neste simulador?);
- Saber usar a interface (como realizar esta ação?);
- Evitar o desenvolvimento de comportamentos supersticiosos, como acreditar que eles estão influenciando algo por determinada ação, mas que realmente não tem nenhum efeito;
- Identificar as relações de forma mais rápida;
- Tentar abordagens diferentes;
- Estabelecer relações com o mundo real.

Para o autor, os elementos que compõem esta estrutura podem ser explicados conforme a figura 3:

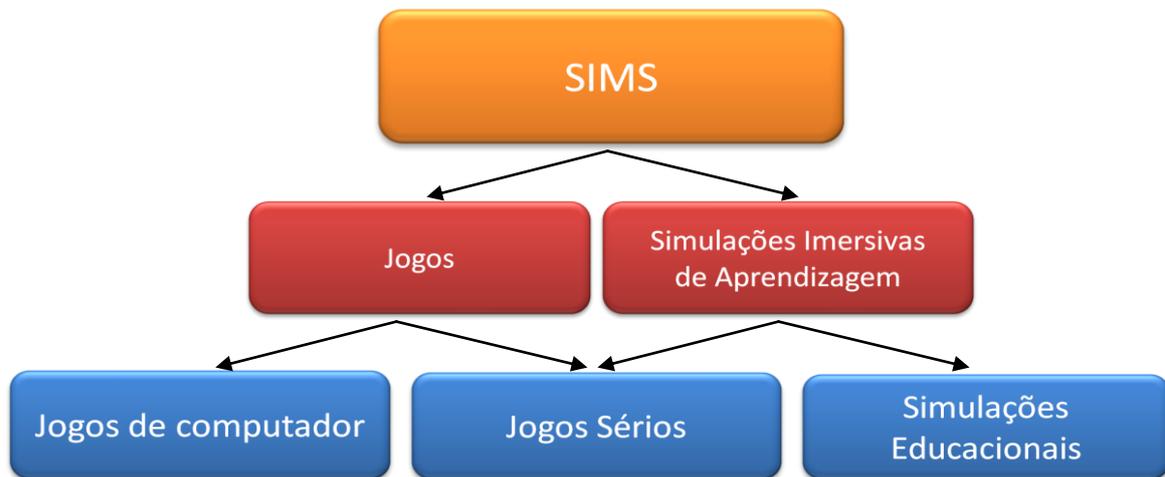


Figura 3 – Estrutura SIMS

4.1.1 Jogos

Um dos pilares concebidos por Aldrich (2009) na estrutura que compõem os mundos virtuais (figura 4) são os jogos (Games). Os jogos são a parte dos SIMS construída para o entretenimento, e podem ser classificados como jogos de corrida, jogos de tiro em primeira pessoa, estratégia em tempo real, game shows, entre outras possibilidades.

Para o autor, jogos trazem para o ambiente de mundos virtuais, elementos que os diferenciam das simulações educacionais, e em menor grau, de todas as simulações educacionais imersivas de aprendizagem, na medida em que:

- São otimizados para oferecer maior engajamento aos participantes, chamados de jogadores;
- Tendem a oferecer altas situações de conflito;
- Tendem a oferecer altas situações de abstração, principalmente no nível da interface.

4.1.2 Jogos Sérios

Outra possibilidade destaca o autor, são os jogos sérios, que buscam oferecer a

possibilidade de conscientização sobre temas do mundo real, e que podem ser utilizados tanto como entretenimento ou em programas de aprendizagem. Comparado a simulações educacionais, os jogos sérios tendem a ser mais divertidos e contam com a possibilidade de oferecer um maior engajamento do aluno. Em contrapartida, são pouco fiéis à realidade, mantendo grande abstração com relação ao distanciamento do mundo real.

4.1.3 Mundos Virtuais na Educação

Nos últimos anos diversas pesquisas em educação buscam envolver ambientes virtuais e suas possibilidades para o processo de ensino e aprendizagem. Muitas destas pesquisas envolvem a aplicação destas tecnologias no ensino a distância (EAD), visto que as possibilidades de comunicação, interação e colaboração que estes ambientes proporcionam, ampliam as possibilidades pedagógicas que um ambiente de Ead tradicional normalmente pode oferecer. Diversos trabalhos demonstram estas possibilidades, como Greis (2007) no qual o autor identifica no ambiente virtual possibilidades para sua utilização em aulas virtuais tridimensionais a distância, com a possibilidade de criação colaborativa de materiais ou mesmo de utilização dos recursos multimídia como vídeos, textos, áudio chats entre outros recursos que poderiam favorecer esta possibilidade pedagógica. Diversos outros estudos tratam desta ferramenta no contexto pedagógico. Abaixo listamos alguns destes artigos que mantêm relação com o tema que estamos abordando:

Jonassen et all (1995) , trazem uma importante colaboração, ao buscarem introduzir os conceitos da epistemologia genética na prática educacional em Ead. Suas pesquisas apontam a possibilidade de uma abordagem construtivista, utilizando os recursos que os novos ambientes virtuais oferecem.

Outras pesquisas exploram a interface, as novas possibilidades de interagir com o ambiente computacional ou mesmo através dele, as novas possibilidades de interagirmos com outras pessoas, explorando a cooperação ou a colaboração dentro destes ambientes virtuais.

Uma colaboração relevante neste sentido traz Jackson e Fagan (2000), na qual os pesquisadores aplicam com alunos de uma escola secundária americana, atividades simples que exploram a colaboração. Nesta pesquisa os autores puderam comprovar a possibilidade de explorar estes recursos, que envolvem colaboração, múltiplos participantes, atividades imersivas e de comunicação utilizando nas atividades educacionais um ambiente imersivo virtual.

Em outro estudo, Slack e Armit (2005) divulgam os resultados de uma pesquisa na qual exploram as possibilidades de uma construção colaborativa entre estudantes de diversos países europeus. As atividades eram baseadas no estudo de tutoriais, e os resultados demonstram a possibilidade de interação, imersão e envolvimento em um ambiente virtual.

Em 2009, Lim e Reeves oferecem uma importante contribuição para os estudos em ambientes virtuais. Sua pesquisa aponta que há uma diferença relevante, quando usuários de sistemas virtuais interagem com um computador (agente virtual controlado por computador) e quando este mesmo usuário interagem com outro Avatar (um outro usuário comandando um personagem virtual). Suas pesquisas apontam uma sensível melhora na competitividade, no engajamento e no interesse dos usuários ao interagirem com outros usuários humanos comandando um Avatar, ao invés de interagir com agentes computacionais.

Outros estudos, como o proposto por Maher e Corbit (2002), procuram utilizar o ambiente virtual como se fosse um laboratório ou um ambiente que se assemelha mais a um museu. Em sua pesquisa, os autores reproduzem um laboratório de genética de forma virtual, e as demonstrações podem ser observadas e estudadas por alunos que interagem com os modelos simulados. O autor ainda destaca que a interação entre os colaboradores pode ser realizada a distância.

Um outro estudo relevante traz Bergstrasser et al. (2007), ao trazer o modelo tecnológico dos Mundos Virtuais comparado a um portal de acesso a internet. Construídos de acordo com o mundo real, mas com suas próprias regras e princípios, estes ambientes oferecem diversas possibilidades de interação e comunicação aos seus participantes, e podem servir como uma tecnologia que agrega diversas outras tecnologias.

É importante destacar que a pesquisa aqui apresentada traz como contribuição relevante o fato de associar um simulador educacional a um simulador social. Neste sentido, cabe citar como relevante o conceito de ambiente simulado como proposto nesta dissertação, que trata da simulação educacional não apenas como um ambiente que apenas reproduz um modelo simulado, como se de um museu se tratasse, nem tampouco restrito apenas a uma animação ou a uma navegação orientada através de um ambiente construído digitalmente. Estamos sim relacionando simulação educacional diretamente à possibilidade do usuário interagir com os recursos de software e hardware oferecidos pela plataforma que esta sendo utilizada. Esta ação do usuário sobre o ambiente simulado interfere nos resultados observáveis.

E esta contribuição envolve diretamente o papel do professor que está ali presente, orientando o aluno em cada estágio do processo de ensino e aprendizagem, e exigindo dele uma reflexão, uma ação sobre o ambiente e um questionamento: “O que aconteceria se?”, reflexões importantes no processo de aprendizagem, como enfatizado por Filho (2001, p.3 *apud* Pegden 1990).

4.1.4 Second Life

De forma conceitual este ambiente foi proposto por Philip Rosendale no de 1991, ainda com o nome de Linden World (Rymaszewski at all, 2007, p. 6). Uma versão beta destinada aos primeiros testes é lançada em novembro de 2002, mas somente em junho de 2003 é que o Second Life surge comercialmente, possibilitando através de acesso pela internet em sua plataforma, a livre construção de cenários em 3D, a construção de objetos que podem ser animados por scripts, além da navegação dos usuários através de uma representação gráfica virtual, o Avatar.

Aliado a diversas possibilidades de comunicação entre os usuários deste ambiente e um sistema monetário complexo, podemos defini-lo como um mundo virtual, ou seja, uma interface computacional que busca reproduzir em sua plataforma virtual, uma simulação do mundo real.

Um dos responsáveis pelo desenvolvimento do ambiente, Rymaszewski (2007) define o Second Life como um ambiente que “pode ser entendido como um Mundo Virtual. Mas também pode ser definido como um mundo digital, 3D e on-line: imaginado, criado e mantido por seus residentes. Ou ainda como um metaverso⁵”. O autor finaliza dizendo que “O Second Life é um ambiente virtual no qual tudo é criado pelos usuários, então ele pode ser um jogo, um ambiente de simulação ou um mundo virtual, pois como não possui um objetivo definido, cada usuário irá utilizá-lo na maneira que quiser”.

E de fato muitas formas de utilizar o ambiente surgiram nos últimos anos, passando pela utilização do ambiente como uma rede social, como uma plataforma para jogos, comunicação a distância e mais recentemente como ambiente educacional.

Dentre as primeiras formas de utilização e que ainda se mantêm de forma ativa, podemos destacar o ambiente explorado como uma rede social, onde grupos de interesse formam comunidades virtuais para encontros síncronos nos quais é possível participar de

⁵ A expressão Metaverso é utilizada frequentemente para descrever a visão do trabalho em espaços 3D totalmente imersivos.

conversas informais, festas e até mesmo jogos de azar. As atividades comerciais também possuem representatividade neste mundo virtual, uma vez que a venda de produtos dentro do ambiente virtual gera créditos para o comerciante. A moeda virtual utilizada (Linden Dólar) obedece a regras estáveis de câmbio, podendo ser livremente trocada por moedas reais, como o Real (R\$) ou o Dólar (US\$) no site da própria empresa que desenvolveu o ambiente, a Linden Lab, ou mesmo no câmbio paralelo, entre os próprios utilizadores do ambiente.

A partir das possibilidades de comunicação entre os usuários e a construção de cenários e objetos 3D animados através de scripts, também surge o interesse de diversas instituições de ensino na utilização pedagógica deste ambiente. Diversos trabalhos passam a abordar as possibilidades educacionais desta plataforma, culminando no surgimento de conferências que tratam exclusivamente sobre este tema.

A escolha no projeto por este ambiente em específico, o Second Life, em detrimento a outros ambientes semelhantes, justifica-se pela soma das diversas possibilidades de utilização oferecidas por esta plataforma, mas também pelo acesso gratuito e ilimitado de estudantes em sua plataforma, pela liberdade de construção de objetos com qualquer aparência física, além da qualidade gráfica que a plataforma oferece e a estabilidade de seu sistema.

Os alunos e professores podem ter acesso gratuito a este ambiente através de seus próprios Avatares. O cadastro de novos usuários no Second Life pode ser realizado sem custo algum, havendo também a possibilidade de alterá-lo a qualquer tempo para uma versão paga, descrita como Premium, que lhe garante alguns benefícios, principalmente financeiros dentro do ambiente. Portanto, o acesso ao ambiente é gratuito, tanto para professores quanto para alunos.

Mas no Second Life os espaços disponibilizados para a construção da interface não são gratuitos. Dividido em ilhas, o ambiente possui um sistema de hospedagem semelhante aos de páginas da internet. Diversos usuários alugam⁶ espaços junto a empresa que desenvolveu o ambiente, e são eles que disponibilizam o mundo virtual que será navegado pelos demais usuários. Além de construir ilhas temáticas, estes usuários podem também dividir sua ilha em terrenos, e sublocar estes espaços para terceiros, possibilitando também a existência de um mercado imobiliário.

⁶ Para locar espaço junto a Linden Lab é necessário possuir uma conta Premium e os valores são tabelados. Mas para sublocar um espaço junto a um usuário Premium proprietário de terra não é necessário ter uma conta paga. Neste caso não há contrato legal firmado entre as partes, os valores a serem pagos não estão definidos em uma tabela e a Linden Lab não se responsabiliza por eventuais descumprimentos do acordo entre as partes.

A primeira parte do projeto aqui descrito consiste portanto, da criação de um ambiente virtual de simulação para ser utilizado em disciplinas de Física. Conceitos teóricos relacionados à colisão de dois corpos, estão aqui representados em um simulador construído utilizando somente recursos presentes no ambiente Second Life. A ambientação do cenário que envolve o simulador ou a narrativa criada para sua utilização, remete a utilização de um brinquedo em parque de diversões, o Choque Car, que consiste de veículos conduzidos pelos próprios usuários e com a finalidade de chocar-se um contra o outro. Devido a baixa velocidade e o sistema de segurança do veículo, este brinquedo não oferecem risco aos ocupantes.

4.1.5 Por que o Second Life?

A capacidade de combinar mundos virtuais com outros ambientes através da internet, nos permite elencar uma gama de novas possibilidades pedagógicas. Podemos combinar SIMS com páginas de internet, blogs, ambientes virtuais de aprendizagem⁷ (AVA Moodle) entre outros. A integração destes elementos externos é possibilitada no Second Life, por exemplo, através da programação de objetos interativos. Já outros ambientes disponibilizam o compartilhamento de dados entre ambientes (normalmente associando a redes sociais) através de funcionalidades na própria interface.

Mundos virtuais também utilizam tecnologias que estão presentes em ambientes de realidade virtual ⁸(RV), recursos que possibilitam uma navegação intuitiva, não linear por seus ambientes tridimensionais. Este conceito busca imergir o usuário em uma nova interface, transportá-lo para uma nova realidade, virtual, que pode ser idêntica a que o usuário encontraria no mundo dito real, mas também pode ser diferente, talvez até mais completa. Neste conceito não estamos presos às limitações que encontramos no mundo físico; as experiências de aprendizagem podem propor outras situações, mais ricas, mais eficazes do que propomos no mundo dito real.

O conceito de mundos virtuais pressupõe então, características de imersão, interação e

⁷ O Moodle, ambiente virtual de aprendizagem, permite aos usuários do Second Life (SL) postar informações, participar de fóruns e chats através de uma funcionalidade que possibilita esta comunicação entre os dois ambientes, o Sloodle (SL + Moodle).

⁸ Para Tori (2006), é definida como uma interface avançada do usuário, para acessar aplicações executadas no computador, tendo como características a visualização de, e movimentação em, ambientes tridimensionais em tempo real e a inserção com elementos desse ambiente.

navegação. Book (2004) caracteriza os mundos virtuais com os seguintes aspectos:

- Espaço partilhado: vários usuários congregados num mesmo espaço de tempo;
- Interface gráfica: existência de um ambiente virtual em 3 dimensões;
- Imediaticidade: interação ocorre em tempo real;
- Interatividade: possibilidade do usuário alterar e criar conteúdos;
- Persistência: usuários continuam permanentes no mundo, mesmo estando o utilizador off-line;
- Socialização/Comunidade: formação de comunidades de interesse.

O ambiente escolhido para este projeto, o Second Life, possui em sua interface 3D, a possibilidade de vários usuários utilizarem o mesmo espaço simultaneamente, acessando-o através da internet. Aliado a possibilidade de criação e distribuição de conteúdos produzidos em sua plataforma, nos permite classificá-lo como um mundo virtual, na definição de Book (2004)

Atualmente podemos encontrar uma centena de ambientes que satisfazem as características necessárias para classificá-los como mundo virtual. Descrevemos aqui alguns destes ambientes:

- Second Life: o mais conhecido e famoso mundo virtual é também o que oferece o maior número de recursos de interação e personalização da interface. O acesso ao ambiente é gratuito, mas para a ocupação dos terrenos (espaços virtuais) são cobradas taxas de seus usuários. Também existe a possibilidade de acesso pago através de mensalidade, que fornece um subsídio financeiro dentro do ambiente para que você adquira bens ou terrenos virtuais. O sistema econômico é bastante completo, e os créditos podem ser adquiridos diretamente do criador do jogo, a Linden Lab, ou mesmo no mercado paralelo. Seus créditos no jogo também podem ser vendidos, o que resultou em um sistema comercial bastante interessante.
- Kaneva: apresenta uma boa qualidade de navegação além da qualidade das construções tridimensionais e dos avatares. Ao criar um registro neste ambiente, você adquire um espaço gratuito, podendo disponibilizar vídeos e áudios através de streaming (conteúdo de vídeo e áudio disponibilizado na rede, e que pode ser assistido pelo usuário sem a necessidade de realizar download, como o Youtube por exemplo).

- HIPIHI: Com interface muito semelhante ao Second Life, esta versão chinesa para mundos virtuais possui algumas limitações de acesso impostas pelo governo do país de origem. Também a língua utilizada no ambiente pode ser um impedimento para utilizar esta opção.
- Open Simulator: é uma versão disponibilizada gratuitamente e em código aberto ou seja, sua estrutura pode ser alterada por um programador. Desenvolvido à partir de antigos códigos de programação do Second Life, neste ambiente encontramos recursos equivalentes a praticamente todas as funcionalidades do SL, ficando como ponto negativo o fato de o ambiente ainda não ter atingido uma estabilidade quanto ao acesso a sua plataforma.
- Habbo Hotel: como o nome sugere, este que é um dos mais populares mundos virtuais está ambientado em um hotel. Os usuários, em sua grande maioria crianças de até 9 anos o utilizam para conversas através do chat e para a personalização de seus avatares através da compra de roupas e acessórios.
- Club Penguin: bastante semelhante ao Habbo Hotel, neste mundo virtual destinado a crianças todos os usuários tornam-se pingüins. O maior número de usuários registrados neste ambiente foi registrado ainda em 2007, ano em que foi adquirido pela empresa The Walt Disney Company.
- There.com: com uma interface bastante simples, este mundo virtual teve grande repercussão na mídia em meados de 2007. Porém o número de possibilidades de interação é limitado neste ambiente, quando comparados a outras possibilidades.
- Meez: a qualidade das construções e dos avatares disponíveis neste ambiente, aliado a possibilidade de inseri-lo como um plug-in em outros sites, como o Moodle por exemplo, tornam este ambiente bastante interessante. Mas entre os pontos negativos encontramos as limitadas opções de personalização dos ambientes e a impossibilidade de inserir objetos interativos.
- Home: destinado a servir de mídia social para jogadores on-line para Playstation3, este ambiente tem como característica principal a possibilidade de ser acessado diretamente pelo console da Sony.
- Blue Mars: Lançado no final de 2009, é o mais novo ambiente de mundos virtuais. Destaca-se pela qualidade superior dos gráficos 3D no ambiente, mas em

compensação exige do usuário uma configuração de hardware e velocidade de acesso a internet muito superior do que seus concorrentes. Os objetos presentes neste ambiente são construídos com ferramentas externas, como o Maya ou 3D Max, e posteriormente importado para a interface do ambiente, o que garante a qualidade das construções de cenários e objetos.

A escolha pelo ambiente Second Life (SL) se deu pelo bom número de recursos técnicos citados até aqui, e quando comparado aos recursos oferecidos pelas demais plataformas citadas acima. Requisitos mais acessíveis de hardware, a possibilidade de o próprio usuário construir e distribuir objetos em qualquer formato físico, com interatividade programável através de scripts e utilizando ferramentas do próprio ambiente, além de oferecer acesso gratuito a professores e alunos em sua interface, nos direcionam para a utilização desta interface.

A partir da construção deste simulador, passamos a tratar do objetivo geral do projeto, que consiste no estudo das possibilidades de interatividade no ambiente durante a utilização do simulador proposto, e suas implicações sobre o engajamento e o interesse dos alunos envolvidos na simulação.

5. INTERFACE E INTERATIVIDADE

Thissen (2004) define interface como o “elo entre uma ferramenta e a pessoa que está usando essa ferramenta para alguma coisa”. Sua definição contempla a interface como o conjunto de todos os componentes, sejam eles hardware ou software, que mantêm contato com usuário e que permitem ao ser humano comunicar-se e operar o computador, interagir com a máquina (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005).

No ambiente Second Life os usuários possuem através do navegador de acesso duas interfaces bastante distintas. A primeira interface é provida pelo desenvolvedor do ambiente, e é composta pelas centenas de alternativas de configuração que este navegador de acesso disponibiliza. Estas configurações possibilitam ao aluno a escolha de várias preferências em relação ao modo como irá interagir com o ambiente virtual e com os outros usuários. Diferente de um navegador de internet ao qual a maioria dos usuários já está familiarizada, esta interface não possui apenas alguns botões para avançar ou retornar e um campo para digitar as informações referentes a pesquisa. Esta interface possui centenas de opções, que controlam desde a luminosidade do ambiente (dia, noite, tarde, etc...) até mesmo o acesso ao inventário de roupas, objetos e scripts aos quais o usuário terá acesso dentro do mundo virtual.

Também as diversas formas de interagir e navegar por este ambiente virtual fazem parte das opções encontradas neste navegador de acesso, tornando indispensável que o aluno familiarize-se basicamente com esta primeira interface, para que possa interagir com a segunda interface proposta por este ambiente, e sobre a qual será construído o simulador de Física nesta pesquisa.

Esta segunda interface, ou o mundo virtual propriamente dito, é inteiramente construído pelos utilizadores do ambiente virtual Second Life, utilizando-se de recursos de construção gráfica em 3D bastante intuitivos e que permitem uma grande liberdade de construção dos cenários e conteúdos que serão abordados. Assim, podemos desenvolver representações virtuais tridimensionais muito semelhantes aos modelos que serviram de referência para estas construções, além de inserir diversos recursos de multimídia, tais como streaming de vídeo, textos, imagens, entre outros.

Para a construção desta segunda interface, se faz necessário elencar alguns pré-requisitos básicos, os quais nos auxiliam para que o nosso modelo de construção do objeto

simulado interfira o mínimo possível sobre os resultados finais que serão observados quando este exemplo for validado na prática.

Para Thissen (2004) alguns conceitos básicos devem ser observados na elaboração de uma interface humano-computador, que são elas:

- O usuário deve ser capaz de reconhecer avaliar a pertinência dos dados para si próprio;
- O usuário deve ser capaz de relacionar os dados com seus conhecimentos prévios;
- Os dados devem ser editados de tal forma que o usuário possa percebê-los, assimilá-los e processá-los;
- Os dados devem ser estruturados em algum tipo de formulário. O usuário deve ser capaz de detectar essa estrutura, ou seja, compreendê-la intuitivamente;
- O sistema que fornece os dados (por exemplo, um sistema de informação digital), deve reagir de forma adequada às ações do usuário – ou seja, de acordo com suas expectativas.

Com esta interface humano-computador construída em 3D, podemos estabelecer relações de familiaridade entre os objetos disponibilizados dentro do mundo virtual e os encontrados no mundo real. Uma alavanca no mundo real será uma alavanca no mundo virtual, e não um símbolo que se refere a determinado objeto. O reconhecimento intuitivo dos objetos por parte dos usuários, levando em consideração seus conhecimentos prévios referente aos objetos que ele já conhece e interage no mundo real, nos possibilita afirmar que estes conceitos básicos elencados por Thissen (2004), podem ser facilmente observados na simulação. Ao visualizar os objetos construídos para a interação do aluno com o ambiente, este deverá reconhecer os comandos necessários para operar a simulação de forma intuitiva. E certamente o sistema deverá responder de acordo com as expectativas deste aluno, de acordo com o que se espera que aconteça caso o simulador seja também construído no mundo real.

Mas também por ser este um ambiente tridimensional, o aluno pode navegar em qualquer direção do cenário, de forma não linear. Ele pode inclusive se deslocar para outro cenário, o que não seria uma situação interessante para a utilização deste objeto de aprendizagem em específico. Portanto, é fundamental que o aluno possa olhar o conjunto de objetos na sua interface e reconhecer de forma intuitiva do que trata o ambiente de simulação. É necessário que ele consiga reconhecer os dados que estão sendo disponibilizados para que ele saiba reconhecer e agir sobre esta simulação.

Apesar de podermos estabelecer relações de similaridade entre os conceitos básicos que definem a internet e os mundos virtuais, como a necessidade de um navegador, o acesso a ambientes com conteúdo desenvolvido por diferentes utilizadores em diferentes línguas, e até mesmo a semelhança entre as ferramentas de busca de informações, no mundo virtual o aluno não irá navegar como faz na internet, abrindo diferentes páginas com conteúdos. Neste ambiente o usuário movimenta-se de diversas formas, mas utilizando para isto seu Avatar. Movimenta-se através de estruturas tridimensionais (3D) construídas pelos utilizadores do ambiente, encontrando pelo caminho outros usuários que compartilham o mesmo espaço simultaneamente.

A representação de diversos usuários simultaneamente em um mesmo espaço virtual, assim como o contato com os objetos construídos em 3D, sugere novas formas de interatividade. Combinando diversas possibilidades de comunicação entre os utilizadores presentes no mesmo cenário e a possibilidade de utilização dos objetos que ali estão representados graficamente, este ambiente propõe novos níveis de interação entre os utilizadores e o ambiente virtual. Uma vez que o simulador utiliza-se dos recursos de comunicação do próprio ambiente para que os alunos possam conversar, mesmo a distância, e combinar quais informações serão inseridas na configuração do simulador, criamos um componente de colaboração, ou seja, mais uma oportunidade de sugerir a interação entre os participantes do processo.

Do ponto de vista da interação entre humano-computador, Sims (1997) destaca que a ação-resultado é um dos princípios fundamentais desta comunicação, classificando-a em 11 categorias distintas:

- Interatividade do objeto: refere-se aos programas de computador nos quais objetos (ícones, botões, etc) podem ser ativados pelo mouse. As ações disparadas podem variar dependendo dos conteúdos e objetos selecionados.
- Interatividade linear: são os programas nos quais o usuário pode se movimentar para frente ou para trás em uma sequência linear pré-determinada em um material educacional. O controle do usuário lhe permite apenas seguir os caminhos apresentados, não lhe permitindo criar novas sequências e não lhe apresentando feedback de suas ações.
- Interatividade de suporte: trata-se da capacidade do sistema em auxiliar o usuário, podendo ir desde um simples módulo de ajuda (help) até um tutorial mais complexo. Essa

ajuda pode ser sensível ao contexto, dando ajuda específica a ações realizadas pelo usuário em determinado instante.

- Interatividade de atualização: nesta categoria os sistemas apresentam problemas para os quais o usuário precisa apresentar soluções. A análise dessas soluções pelo computador gera atualizações ou feedback. Esse tipo de interatividade pode variar desde o formato simples de pergunta/resposta até respostas condicionais envolvendo componentes de inteligência artificial.
- Interatividade de construção: trata-se de uma extensão da classe anterior, necessitando a construção de um ambiente no qual o usuário pode manipular objetos para alcançar objetivos específicos.
- Interatividade refletida: nesta categoria, os programas possibilitam ao usuário comparar respostas dadas a problemas apresentados com as soluções propostas por outros usuários, permitindo a análise e a reflexão relacionada ao trabalho realizado.
- Interatividade de simulação: trata-se da capacidade do sistema em permitir ao usuário viver uma situação similar à vida real. O usuário pode atuar inserindo no sistema suas escolhas individuais, e este lhe apresenta as mudanças que foram consequência de suas ações.
- Interatividade de hiperlinks: trata-se da possibilidade de disponibilizar ao usuário uma grande quantidade de informações através das quais é possível navegar por diversos caminhos.
- Interatividade contextual não-imersiva: combina e estende os níveis anteriores num sistema completo, onde o usuário pode agir em um ambiente similar ao contexto real de trabalho. Ao invés de se manter em uma atitude passiva, o usuário pode atuar em um micro-mundo que modela o ambiente de trabalho real.
- Interatividade virtual imersiva: possibilitando o nível máximo de interação, o usuário é transportado a um ambiente imersivo totalmente gerado pelo computador no qual o sistema responde em tempo real a movimentos e ações realizados.

A partir do exposto por Sims (1997) vemos que muitas das classificações sobre o tipo de interatividade que o ambiente pode apresentar se aplicam sobre o modelo de simulação proposto, e outras existem na forma de possibilidades. Isto ocorre pelo fato de este ambiente combinar características de diversos outros ambientes, como por exemplo games,

multimídias, simulações educacionais. O aluno encontra neste modelo de simulação, a possibilidade de uma exploração não linear de ferramentas como hiperlinks, multimídias, objetos interativos que oferecem ajuda quando surgem dúvidas (características que contemplam a Interatividade de Suporte e de Hiperlinks). Objetos multimídia inseridos neste ambiente podem sugerir problemas (Interatividade de atualização) para que o aluno encontre possíveis soluções ou realize determinadas observações. A escolha por uma narrativa que traga para o simulador a possibilidade de representar neste ambiente virtual uma situação real, ou uma possibilidade verossímil, nos permite também remeter as características básicas para relacionar um conceito de Interatividade contextual não-imersiva.

Apesar de Zimmerman (2005) trazer suas categorizações claramente baseadas para definições de interatividade em jogos, justifica-se apresentá-las em função de que muitas das características presentes neste ambiente, tais como a movimentação dos usuários através dos cenários, a presença de vários utilizadores representados por personagens virtuais e o próprio formato de interação que ele propõe com o ambiente 3D, são modelos originariamente presentes em games.

Para Zimmerman (2005) jogar significa fazer escolhas dentro de um jogo concebido para permitir que ações sejam realizadas e que seus resultados possam ser apresentados de maneira compreensível. Cada ação realizada produz resultados que afetam o sistema de controle do jogo, que por sua vez torna visíveis esses resultados para que o usuário tome consciência das mudanças provocadas. O autor enfatiza desta forma que esse ciclo de ação-resultado é um dos princípios fundamentais da interação entre homem-máquina, e descrevem quatro modos de interatividade, de acordo com quatro níveis de envolvimento diferentes que uma pessoa pode ter com um sistema interativo. A maior parte das atividades interativas incorpora alguns destes níveis, ou mesmo todos, simultaneamente.

- Modo 1: Interatividade cognitiva, ou participação interpretativa: Essa é a participação psicológica, emocional ou intelectual entre uma pessoa e um sistema. Por exemplo, a interação imaginativa entre um único jogador e um jogo de aventura gráfico.
- Modo 2: Interatividade funcional, ou participação utilitária: Estão incluídas aqui as interações funcionais e estruturais com os componentes do sistema (sejam reais ou virtuais). Por exemplo, o jogo de aventura mencionado anteriormente, como era sua interface? Como eram os botões? Como era o tempo de resposta? O quão legível era o

texto apresentado no seu monitor? Todas essas características fazem parte da experiência global de interação.

- Modo 3: Interatividade explícita, ou participação com as escolhas e procedimentos programados: Essa é a interação no sentido mais literal da palavra: manipulação direta dos dispositivos concebidos para permitir que o usuário interaja com o sistema, como por exemplo clicar em links em um hipertexto, utilizar o joystick para movimentar o personagem Pac-Man⁹, dentre outros. Estão incluídos aqui: escolhas, eventos aleatórios, simulações dinâmicas, e outros procedimentos programados na experiência interativa.
- Modo 4: Além da interatividade com o objeto, ou participação cultural: Essa é a interação fora da experiência de um único sistema. Um exemplo típico seria o de um fã-clube no qual os participantes constroem comunidades e criam situações e experiências que vão além do que foi inicialmente concebido no sistema original.

Do ponto de vista do raciocínio (interatividade cognitiva), podemos relacionar à experiência intelectual do aluno que está interagindo com o ambiente na busca por uma solução do problema apresentado, ou mesmo na busca por uma explicação para o fenômeno observado na simulação, que reagiu conforme os valores que este aluno inseriu em sua configuração. Quando Zimmerman (2005) refere-se ao controle do jogo (interatividade funcional e explícita), falamos justamente destes dados inseridos. Como este aluno está interagindo com o ambiente? E como ele está inserindo os dados?

O simulador aqui proposto traz um painel composto de alavancas e displays que informam as variáveis que estão sendo alteradas no sistema. Ao interagir com estas alavancas, ou seja, tocá-las, o aluno estará aumentando ou diminuindo os valores relacionados a estas variáveis, e que permitem a ele realizar abstrações e criar hipóteses sobre o que poderá acontecer se o sistema estiver configurado desta ou daquela forma. Outras referências visuais, como o a linha reta pintada no solo e que determina direção em que o veículo se move, ou a carga presente na caçamba do veículo, a qual aumenta ou diminui de acordo com os valores configurados pelo aluno, auxiliam na capacidade de criar uma verossimilhança com uma situação real, proposta por este simulador. Esta descrição será melhor detalhada no capítulo metodologia, quando iremos descrever o modelo simulado proposto para esta pesquisa.

⁹ Pac Man é um famoso e antigo jogo de vídeo game, desenvolvidos para os primeiros consoles. O jogador assume o controle de um personagem, e seu objetivo é comer todos os pontos que existem na interface, tomando cuidado de não esbarrar nos fantasmas que o perseguem pelo cenário.

Ao contemplar os elementos externos ao jogo (interatividade com o objeto) podemos relacionar a criação de comunidades através de grupos de discussão, utilizando-se de ferramentas que o próprio sistema oferece, tais como grupos de mensagens ou avisos aos grupos, entre outros. O Second Life está repleto de grupos de discussão, que buscam resolver através de fóruns os problemas encontrados pelos usuários do ambiente durante suas experiências na plataforma. Estes problemas muitas das vezes não se restringem a dúvidas técnicas, mas problemas gerados a partir do convívio entre os utilizadores do mundo virtual.

Também Miller (2004) propõe outra forma de classificação onde são relacionados seis tipos de interatividade que podem ser encontrados em quase todas as formas de entretenimento digital. De acordo com ela, são os ingredientes que um bom cozinheiro precisa ter:

- Tipo 1: O usuário entra com algum estímulo; o programa produz uma resposta. Esse estímulo pode ser desde o simples clique em um botão com o mouse até uma sequência de ações para resolver um quebra-cabeça. O estímulo também pode representar um ato físico, como colocar um chapéu na cabeça de um cachorro virtual;
- Tipo 2: O usuário pode mover pelo programa de forma livre, ou seja, pode escolher o que quer fazer. Isso envolve tanto a navegação pelos menus de um programa quanto a navegação espacial em um programa 3D ou um videogame;
- Tipo 3: O usuário pode controlar objetos virtuais. Isso inclui atirar com armas, abrir gavetas e mover objetos de um local para outro. Esta não é uma opção universal;
- Tipo 4: O usuário pode se comunicar com outras personagens. Isso inclui tanto outros jogadores quanto outros personagens gerenciados pelo computador. Também não é uma forma universal de interatividade;
- Tipo 5: O usuário pode mandar informações. Os dados inseridos geralmente são disponibilizados para a comunidade, que pode oferecer alguma forma de feedback;
- Tipo 6: O usuário pode receber ou adquirir coisas. Essas coisas podem ser virtuais, como uma espada em um jogo, ou concretas, como um livro.

Na medida em que o ambiente virtual propõe uma liberdade de construção de cenários, objetos interativos através de programação por script, as possibilidades de interação com os ambientes e de comunicação, todos os níveis de interatividade propostos por Miller

(2004) são contemplados nesta plataforma. De fato, estas características de liberdade de construção de cenários e situações possibilita que muitos usuários busquem neste ambiente uma plataforma para a criação de jogos. Sistemas de pontuação, uma moeda virtual que permite a compra dos produtos virtuais produzidos pelos próprios usuários além de diversas outras possibilidades de configuração dos ambientes permite este propósito de utilização para o ambiente. Para Aldrich (2009) estas características que propiciam a construção de uma narrativa, de uma fantasia além da preocupação com a navegação e a estética do ambiente, são os elementos que tornam os games tão envolventes e interessantes. São estas características que buscamos incorporar em nosso modelo de simulação educacional em mundos virtuais.

5.1 IMERSÃO

De fato, a maior parte dos usuários utiliza o ambiente Second Life ainda como uma rede social, onde realizam encontros, debates, vendem produtos virtuais, interagem a distância como se estivessem realmente presentes e ocupando uma mesma sala, um mesmo espaço. Utilizam o ambiente como se em um mundo real estivessem. E sentem-se presentes em um mesmo ambiente físico, mesmo estando a vários quilômetros de distância. Para os usuários ativos (usuários frequentes) no ambiente esta diferença entre virtual e real não é suficientemente relevante para que impeça ou deprecie a qualidade das relações estabelecidas entre os residentes que já estão a algum tempo interagindo no ambiente. É esta possibilidade, de interagir no ambiente virtual como se estivessem presentes em um ambiente real, que vem sendo estudada desde meados da década de 2000, quando consideramos estes potenciais ambientes educacionais.

Para Zeltzer (1992), “presença é simplesmente a experiência que o usuário tem de estar em um lugar efetivo quando imerso em um ambiente virtual”. Para o autor, se o sentido de presença for alto, o usuário pode ter a possibilidade de interagir com ambiente virtual natural e intuitivamente. Quando o sentido de presença é elevado, a interface do computador desaparece, e a interação envolve a capacidade do usuário para realizar ações no ambiente virtual de acordo com um raciocínio lógico. Mesmo que o usuário tenha que aprender o funcionamento adequado das opções dentro do ambiente, as leis que o regem tornam-se evidentes ao longo do tempo, permitindo uma experiência interativa significativa.

Esta imersão ou presença do usuário dentro do ambiente virtual pode segundo Sherman e Craig (2003), ser classificada como imersão física ou imersão mental (ou sensorial). Assim, estes dois tipos de imersão desempenham um papel importante na criação de uma experiência pessoal bem sucedida com um mundo virtual.

A imersão física utiliza-se de dispositivos auditivos, visuais ou táteis, e se estabelece no momento em que o usuário se move pelo cenário, navega utilizando interpretativamente, seus sentidos auditivos e táteis. No mundo virtual Second Life, esta forma de imersão pode ser ampliada quando utilizamos capacetes, luvas ou outros dispositivos (hardware) de realidade virtual, que podem ser adicionados aos sistemas de resposta do ambiente. Porém, nosso projeto contempla apenas a interação através do monitor e teclado (ou controle de vídeo game) que configura os requisitos mínimos para que ocorra esta forma de imersão.

Já a imersão mental refere-se à "profundidade do estado de envolvimento" de um usuário em um ambiente de realidade virtual (Sherman & Craig, 2003, p.7). Se estivéssemos falando de um jogo de entretenimento, procuraríamos relacionar o quão envolvido está o usuário ao navegar por suas estruturas, utilizar seus recursos e até mesmo quanto tempo está disposto a "gastar" neste ambiente. A observação destes aspectos pode nos apontar um indicador para o engajamento do usuário nesta interface. Um dos pontos principais deste projeto é justamente, procurar transpor estas características para um ambiente de simulação educacional, com o interesse de provocar nos alunos um engajamento similar aos jogos de entretenimento, agora em atividades de aprendizagem.

Em uma outra abordagem, Santaella (2009, p14), destaca que não há separação entre mente e corpo quando se navega no ciberespaço: "Ao contrário, embora o corpo pareça imóvel, enquanto a mente viaja, os sentidos internos do corpo estão em nível tal de atividade, que o corpo, que dá suporte às inferências mentais de quem navega, é um corpo sensorialmente febril, internamente agitado".

Esta atividade imersiva, este nível de engajamento em que há uma exuberância de estímulos sensoriais e instantâneas reações perceptivas em sincronia com operações mentais (Santaella, 2009, p132), podemos encontrar nos usuários de games e é o que buscamos encontrar nos usuários de mundos virtuais. Buscamos indícios que nos levem a propor hipóteses sobre a utilização destes novos espaços, novas situações, diferentes formas de aprendizagem e novas formas de ensino.

5.2 AVATAR

A navegação por mundos virtuais ocorre através do Avatar, ou a representação virtual do usuário no ambiente digital. Através destes agentes virtuais é que o usuário interage com o ambiente, com os objetos e também com outros usuários presentes no mesmo espaço virtual. Algumas pesquisas apontam que a possibilidade de personalizar seu Avatar para que este assuma qualquer aparência física, nos permite relacionar o formato deste personagem com traços da personalidade do usuário que o está comandando.

Apesar de não ser este o foco principal do nosso trabalho, é relevante para a pesquisa citar o trabalho de Mandryk et al. (2006), na qual os autores também destacam uma perceptível diferença entre a interação do usuário com um agente virtual (não comandado por um usuário), mesmo que este agente possa dar respostas baseadas em tecnologias de inteligência artificial, e a interação entre usuários comandando seus Avatares. A personalidade, a reciprocidade, a interatividade, os papéis sociais e a compreensão da linguagem são apontados como os fatores que interferem sobre estas duas formas de interação no ambiente virtual.

Através da investigação de respostas fisiológicas, tais como a galvânica da pele, eletromiografia¹⁰ e frequência cardíaca, estes autores destacam em seu trabalho que os jogadores apresentaram resposta galvânica da pele significativamente maior e uma maior atividade eletromiográfica ao longo da mandíbula, quando jogou contra o seu amigo comparado a quando jogou contra o computador.

Com base nestes dados, concluiu-se que a excitação fisiológica durante o jogo será maior quando o jogador percebe que o co-jogador é um Avatar, e não um agente. Mandryk et al. (2006) afirmam que os jogadores sentem um maior grau de diversão, emoção e envolvimento, e menos tédio durante o jogo com outro jogador humano do que ao jogar com um computador.

Apesar de poucos estudos mencionarem, é interessante levantar a possibilidade de que agressividade e também colaboração podem ser maiores dentro desta possibilidade. Atividades que envolvam os usuários no comando de Avatares em um ambiente virtual,

¹⁰ eletromiografia é uma técnica de monitoramento da atividade elétrica das membranas excitáveis, representando a medida dos potenciais de ação do sarcolema, como efeito da voltagem em função do tempo

poderiam alcançar um sucesso maior ao propor trabalhos colaborativos por exemplo, em comparação a outras formas de interação.

No ambiente proposto para este projeto, o Avatar (figura 4) irá interagir principalmente com o objeto simulado, no caso a simulação de colisão. Mas também é possível que este estabeleça contato com outros Avatares durante este processo. Em uma outra abordagem, podemos propor inclusive que a atividade envolva características colaborativas, como a necessidade de que dois ou mais Avatares necessariamente façam parte da simulação para que a equipe consiga chegar a conclusões sobre o experimento. Mas especificamente para este projeto, esta possibilidade não será explorada.



Figura 4 – Avatar¹¹

¹¹ Demonstra o Avatar utilizado no ambiente de simulação.

6. METODOLOGIA: UM SIMULADOR DE FÍSICA PARA O SECOND LIFE

A metodologia proposta para este trabalho está dividida em dois momentos. O primeiro trata da construção de um simulador de conceitos físicos que aborde a colisão de dois corpos, inserido em um simulador social, um mundo virtual como o Second Life. O segundo momento trata da investigação acerca da experiência de utilização pelos alunos.

Certamente que ao propormos a utilização deste simulador, pretendemos utilizar tecnologias atuais e que são possibilitadas pelos SIMS, para criar uma experiência na qual os usuários podem aprender de maneira mais lúdica. Neste ambiente, os estudantes podem aprender através da interação com objetos virtuais semelhantes aos que iriam encontrar no mundo real. Através da imersão e das possibilidades de interatividade proporcionadas por um mundo virtual, os alunos tornam-se uma parte dos fenômenos que os cercam. O desafio principal neste sentido é demonstrar que estes recursos, os quais oferecem ao aluno um maior nível de imersão e de interatividade, podem proporcionar uma experiência educacional mais significativa para o aluno, facilitando a construção dos conceitos físicos abordados por este simulador.

6.1 A PROPOSTA DE CONSTRUÇÃO DO SIMULADOR

SIMS reúnem características que encontramos em games, em simulação e utiliza tecnologias de realidade virtual. Estes ambientes permitem a representação física do usuário em um espaço virtual recriado tridimensionalmente. Múltiplos utilizadores podem compartilhar o mesmo espaço simultaneamente, acessando-o através da internet de qualquer lugar do mundo, e utilizando sistemas de comunicação por voz ou chat presentes no próprio ambiente para interagir entre si. Objetos interativos construídos pelos próprios usuários dentro do mundo virtual podem ser compartilhados e utilizados simultaneamente.

No simulador proposto para o mundo virtual (figura 5), iremos utilizar uma ambientação possível de ser vista também no mundo real: a colisão de dois carros em um brinquedo de parques de diversão, o carro choque. Neste brinquedo, uma pessoa assume o comando do veículo e tenta deliberadamente colidir com um outro veículo. Estes veículos permitem que uma segunda pessoa, um passageiro participe da colisão. Ao transpor esta

situação para um ambiente controlado, podemos inserir os conceitos físicos de colisão de dois corpos e estudar este fenômeno. Os alunos estão dentro dos corpos que irão colidir, mas podem, com os recursos do ambiente, visualizar o fenômeno de diferentes ângulos, e repetidas vezes.

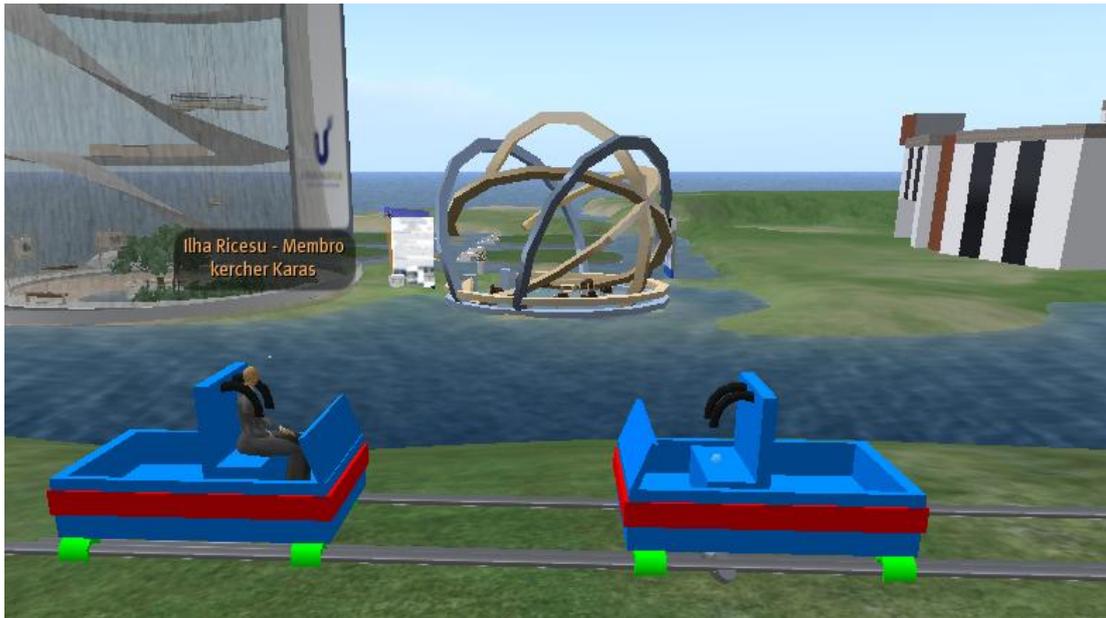


Figura 5 – Primeira Versão do Modelo Simulado¹²

Neste sentido, um dos pontos que se destacam na utilização pedagógica dos mundos virtuais é a capacidade de reproduzir uma situação que não só ambiente o fenômeno físico da colisão de dois corpos em algo possível de ser observado em uma situação real, mas que também contemple a imersão do aprendiz no modelo de simulação proposto.

O modelo que serviu de ponto de partida, indicado na figura 3, não permite inicialmente a abordagem destes conceitos, uma vez que apenas trata os conceitos teóricos envolvidos no processo sem que seja possível realizar diretamente qualquer relação do mesmo com uma situação presenciada no mundo real.

Para a construção dos objetos que compõem o simulador, utilizamos a ferramenta disponibilizada pela interface do ambiente Second Life, indicada na figura 6, o que torna esta etapa do processo bastante simples. Baseado em um conjunto de primitivas, que são formas geométricas básicas como a esfera, o triângulo e o quadrado, o construtor do ambiente pode

¹² Primeira versão do modelo de simulação da colisão física desenvolvido nesta pesquisa

selecionar uma destas formas e modificá-la em diferentes formatos, cores e texturas. Cada peça básica pode ser unida a outra, e o conjunto destas peças irá dar forma aos objetos criados dentro do ambiente virtual.

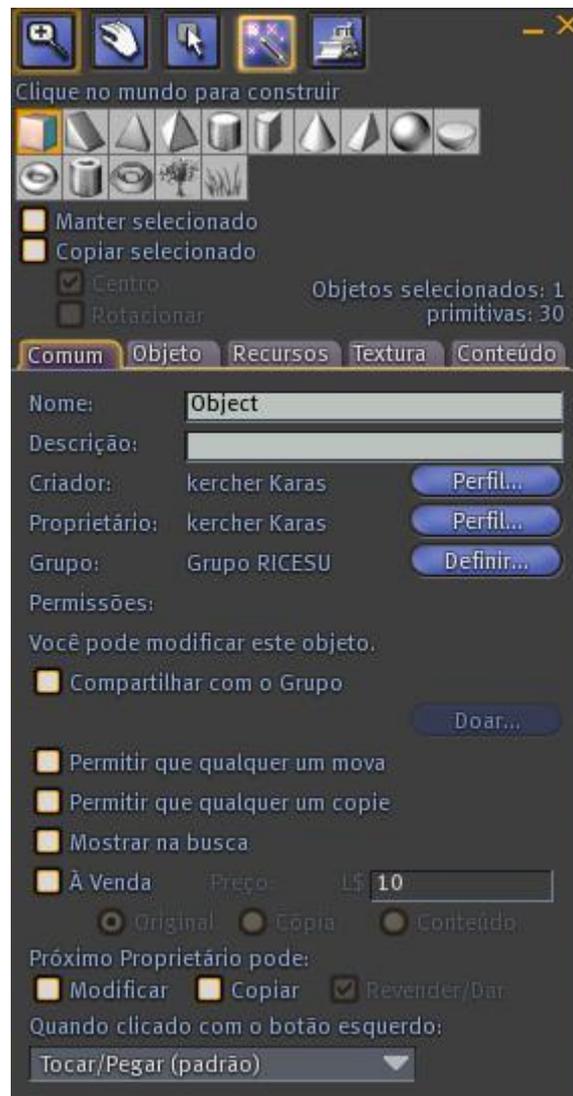


Figura 6 – Ferramenta de Criação no Second Life¹³

A construção destes objetos é gratuita, porém o número de primitivas que podemos unir para formar o ambiente que estamos propondo é limitado pelo tamanho do terreno que estamos utilizando. Por este motivo, utilizamos algumas técnicas de construção que buscam reduzir o número de primitivas envolvidas no modelo. Assim, uma primitiva que forma a frente do veículo, por exemplo, pode também contemplar o desenho final do painel no qual o aluno irá acionar a simulação, reduzindo o número de primitivas envolvidas na construção.

¹³ Ferramenta de construção dos objetos no ambiente Second Life.

Buscamos criar uma verossimilhança no formato final dos veículos em relação aos modelos reais encontrados nos parques de diversão. O modelo escolhido foi o de um carro de fórmula, conforme as imagens 7 e 8 capturadas no ambiente demonstram.

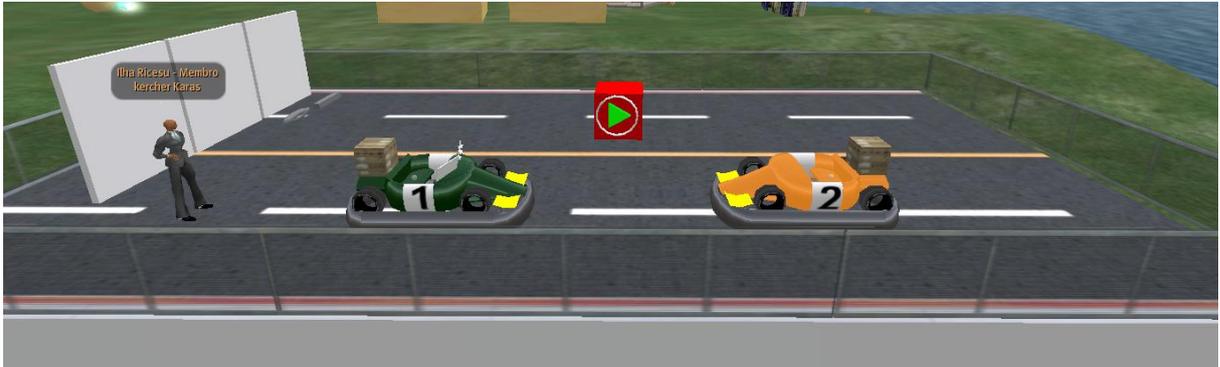


Figura 7 – Aparência Final do Simulador¹⁴

A figura 8 traz detalhes da construção dos veículos, tendo em primeiro plano o carro 1. Este veículo está equipado com o painel de controle da simulação, no qual podem ser selecionados os valores das variáveis de massa e velocidade dos carros 1 e 2. O Avatar que pode selecionar estas variáveis clicando nos botões correspondentes, e acionar a simulação através do botão verde (play) localizado no centro da pista. Para retornar a simulação ao ponto inicial, basta clicar no botão maior, vermelho, também localizado no centro da pista do simulador. Este procedimento pode ser repetido com as mesmas variáveis ou com a alteração dos valores iniciais.

¹⁴ Imagem capturada no ambiente demonstra a aparência final do modelo simulado.



A figura 8 – Posição do Simulador¹⁵

Podemos tornar estes objetos interativos, utilizando para isso scripts, o que torna possível a utilização deste ambiente para simularmos fenômenos físicos. Estes scripts são construídos em uma linguagem de programação própria do ambiente, indicada na figura 9, o Linden Script Language (LSL), que é bastante semelhante a outras linguagens de programação orientadas a objetos, tais como C++. Por ser este um ambiente tridimensional, alguns destes scripts contemplam forças físicas, como a gravidade por exemplo. A complexidade dos scripts necessários para esta simulação fez com que requisitássemos o auxílio de um programador para a produção deste ambiente.

¹⁵ Demonstra o carro1 em primeiro plano, construído com as ferramentas de construção disponibilizadas no ambiente, bem como o carro 2 e os botões para início e retorno a posição inicial do simulador.

```

247
248     VelocidadeVoltaB = Vel800;
249     SentidoFinalB = SentidoInicialB * -1;
250 }
251 }
252 }
253 }
254 }
255 }
256 //VelocidadeVolta = (VelocidadeA - VelocidadeB) + Vaf;
257
258 llShout(CanalComunicacao, "Vv " + (string) VelocidadeVoltaB);
259 llSleep(0.1);
260 llShout(CanalComunicacao, "Sv " + (string) SentidoFinalB);
261 llSleep(0.1);
262 llShout(CanalComunicacao, "Vai");
263
264 llSay(0, "VaIda = " + (string) VelocidadeIda +
265 "VaVolta = " + (string) VelocidadeVolta +
266 "VbIda = " + (string) VelocidadeB +
267 "VbVolta = " + (string) VelocidadeVoltaB);
268
269 Destino.x += SentidoInicial * DeslocamentoInicial;
270
271 if (VelocidadeIda != 0.0)
272 {
273     llMoveToTarget(Destino, VelocidadeIda);
274 }
275 else
276 {
277     //llSetPos(llGetPos());

```

Figura 9 – Exemplo de Script do Second Life.¹⁶

Como o script é construído no próprio ambiente, conforme demonstra a figura 10, os testes são efetuados na hora, sendo a única forma de ver se realmente estão funcionando corretamente e se atendem às necessidades que temos para o simulador. Ao entrar no modo de edição do objeto, temos acesso ao painel de configurações e podemos criar um script para aquele objeto, alterar seu formato e aparência através das cores ou texturas que aplicamos sobre ele.

¹⁶ Mostra o verso do script produzido com a ferramenta de criação de scripts do ambiente Second Life.

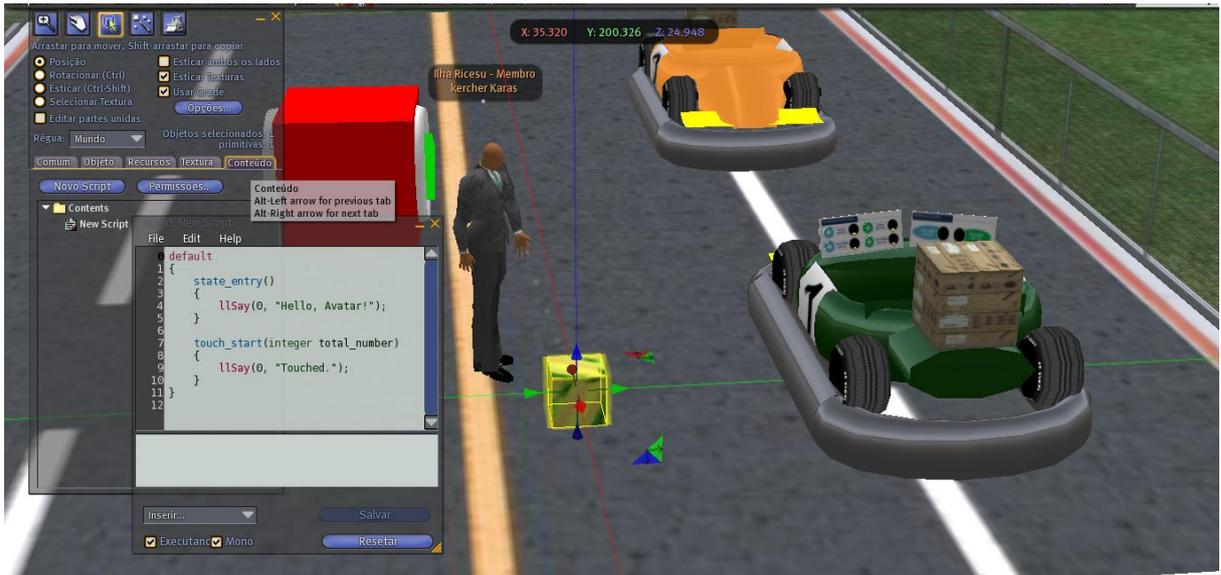


Figura 10 – Construção de um Objeto no Second Life.¹⁷

6.2 COMPLEXIDADE NA CONSTRUÇÃO DOS SCRIPTS LSL

A dificuldade em criar a interatividade necessária para a utilização deste ambiente como um simulador de Física, vem das limitações para a criação dos scripts que o ambiente impõe. Inicialmente projetado apenas para abrir portas ou janelas, criar um veículo que possa rodar sobre um trilho ou voar seguindo os comandos de seu usuário ou ainda alguns outros recursos mais simples, a ferramenta de criação dos scripts é bastante limitada, e as opções de funções não contemplam especificamente esta forma de utilização. Portanto foi necessário o auxílio de um programador experiente para que pudéssemos encontrar alternativas na biblioteca de funções do ambiente, criando assim os scripts que permitiram esta forma de utilização.

O auxílio então veio do meu irmão, Fernando Kercher Greis, que mesmo não conhecendo este ambiente anteriormente, se prontificou a encarar este desafio. Estudante do último ano de Ciências da Computação na Unilasalle de Canoas-RS, e técnico em Processamento de Dados por esta mesma instituição, trabalha desde 2001 na Elo Sistemas Eletrônicos como Projetista de Software, desenvolvendo Firmwares para medidores eletrônicos de Energia.

¹⁷ Demonstra a construção de um objeto dentro do ambiente virtual, bem como a ferramenta de construção dos scripts utilizados para a interatividade dos objetos no ambiente.

Com seu auxílio, pudemos contornar um dos maiores problemas encontrados, que é o fato de que a maioria das funções utilizadas pela linguagem de programação do Second Life tem alcance limitado a 10 metros. Contornar este problema foi um desafio grande, já que a simulação construída em um ambiente tão limitado poderia impedir que a visualização do fenômeno fosse observada com a qualidade necessária, e poderíamos inclusive não perceber as reações necessárias para o entendimento do simulador. Porém, a troca de mensagens entre os objetos do script que pode ser feita através da função `llShout`, possui alcance de 100 metros, e foi a solução para este problema.

Com um alcance maior, as mensagens trocadas entre os objetos permitiu que configurássemos as reações esperadas pela configuração das variáveis de entrada, e assim, conseguimos construir um simulador que atendeu as expectativas iniciais.

Problema semelhante encontramos na função de deslocamento `llSetPos`, que também tem seu raio de ação limitado a 10 metros. Esta é a principal que função fornecida pela biblioteca de funções do ambiente para permitir que objetos se desloquem pelo cenário. A solução para esse problema foi utilizar a função `llMoveToTarget`, com maior raio de ação, mas que trouxe um outro problema: os parâmetros da função são a posição de destino e tempo para deslocamento do objeto, sendo que o objeto não se desloca em velocidade constante até chegar ao ponto de destino. Foi necessário então calcular a distância percorrida em função do tempo, adaptar a posição final do objeto, criando escalas de deslocamento pelo percurso, e não usando uma solução bem mais simples que seria a velocidade de deslocamento através do percurso. Isto exigiu que fosse necessário criar uma condição diferente para cada uma das possibilidades permitidas pela configuração de entrada escolhida pelo aluno ao utilizar o simulador, e exigiu algumas semanas extras para que pudesse ser finalizado e testado.

Outra limitação do ambiente refere-se ao tamanho das primitivas, que são as partes que compõem o cenário e os objetos na interface do ambiente. Com uma limitação igualmente de 10 metros por unidade, o solo (o chão do cenário) foi composto de várias partes quadradas de 10 metros de comprimento. Ao cruzar pelas emendas, o veículo sofria “interferências”, e alterava seu deslocamento para um não previsto. A solução foi buscar no histórico do Second Life antigas primitivas, que possuem 100 metros de comprimento, e que formou o chão do cenário com um bloco único. Estas primitivas não fazem mais parte dos cenários, foram extintas pelos desenvolvedores do ambiente, porém podem ainda ser copiadas com um recurso que burla os sistemas de construção do Second Life e são distribuídas pelos antigos residentes do ambiente.

Outro problema encontrado é a falta de ferramentas de depuração no ambiente. O Second Life dispõe de uma ferramenta para criação de objetos e programação dos scripts que atuam sobre esses objetos, no entanto, essa ferramenta não dispõe de nenhum recurso de depuração do código, sendo necessário adicionar mensagens e códigos adicionais para possibilitar um “trace”, ou uma orientação na execução do script, além de também avaliar valores utilizados pelas variáveis.

Os filtros de colisão também foram um recurso necessário para que o script funcionasse como previsto inicialmente no projeto. Os objetos do script estão posicionados encima de um objeto caixa, para ter uma base plana. Quando ocorre a movimentação dos carros na caixa, gera eventos de colisão entre a caixa da base e os carros. Para solucionar esse problema, foi necessário utilizar a função `llCollisionFilter` e validar o evento somente quando os carros colidem.

Como podem ver neste breve registro dos problemas encontrados, a criação de scripts para a interação de objetos no cenário no Second Life não é uma tarefa muito simples, requer muita pesquisa nas bibliotecas de funções disponibilizadas na própria ferramenta de construção do ambiente e em sites especializados. Esta etapa envolveu vários finais de semana para testes, pesquisas, e durou aproximadamente um ano inteiro.

Após esta etapa de construção do simulador, seguimos para a segunda etapa do projeto que consiste nas experiências de uso, e que são o foco principal do trabalho.

6.3 CONSERVAÇÃO DO MOMENTO LINEAR

Todos os dias vivenciamos diversas situações em que o fenômeno físico da colisão pode ser observado. Crianças brincando com bolinhas de gude, chutando uma bola, um jogo de sinuca ou mesmo um acidente de carro, são situações que contemplam os conceitos teóricos que iremos abordar neste simulador. Um exemplo bastante comum deste fenômeno físico é um jogo de sinuca, demonstrado na figura 11, no qual aplicamos uma determinada força à bola (bola branca), que colide com uma segunda bola, transferindo energia (energia cinética ou de movimento) do corpo que inicialmente estava em movimento para o corpo que estava em repouso, mudando o comportamento das duas bolas após o choque.

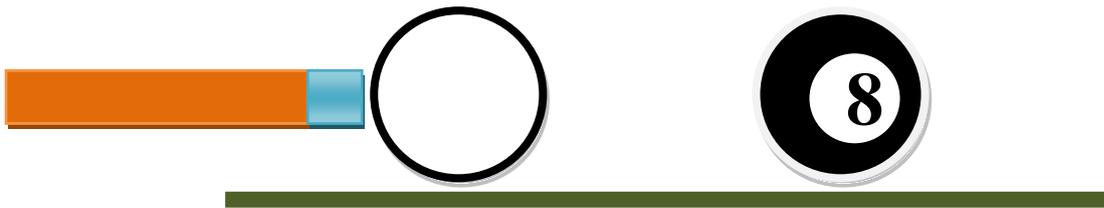


Figura 11 – Representação do Fenômeno¹⁸

E é possível distinguir os instantes correspondentes ao antes e ao depois da interação, pois usando conceitos físicos e a matemática, podemos determinar como os corpos se comportarão após a colisão. Estes conceitos físicos fazem parte das relações entre a natureza e a ciência que conhecemos, e são trabalhados no ensino médio. Os conceitos abordados neste simulador contemplam o estudo sobre a conservação do momento linear, representado aqui pela letra (Q) além de envolver os conceitos de massa (m) e a velocidade (v).

Como estamos trabalhando um conceito em um sistema isolado, ou seja, não estamos considerando forças externas, podemos determinar que há uma conservação do momento linear. Neste caso, o momento linear final (Qf) será igual ao momento linear inicial (Qi)

$$Q_f = Q_i$$

O momento linear é definido pelo produto da massa pelo módulo da velocidade e cuja direção e sentido são os mesmos da velocidade.

$$Q = m \cdot v$$

Aplicando estes conceitos, podemos determinar os valores identificados às variáveis, e determinar o comportamento (a movimentação) dos corpos envolvidos nesta situação.

Para o modelo proposto nesta pesquisa, apenas será considerado o choque unidimensional entre dois veículos (carros-choque) em um brinquedo de um parque de diversões. Neste modelo, dois corpos com massa e velocidade indicados pelo aluno colidem em uma mesma direção, ou seja, uma reta. Também iremos considerar que o sistema contempla apenas a colisão perfeitamente elástica, ou seja, os corpos são “sólidos”, não absorvem energia.

¹⁸ Desenho do autor demonstra a possibilidade de representar o fenômeno através de uma experiência com um jogo de sinuca.

6.4 A EXPERIÊNCIA DE USO

Nesta simulação, um ou dois alunos podem participar diretamente da simulação, já que o sistema permite que ambos os objetos que irão colidir na simulação tenham suas variáveis definidas de forma independente. Interessante observar que podemos inserir um componente de colaboração na atividade, visto que os alunos e professores envolvidos na simulação podem estar fisicamente distantes entre si, mas irão acionar a simulação em conjunto e propor desafios para analisar o mesmo fenômeno simultaneamente. Porém, para esta etapa da pesquisa iremos considerar apenas o professor e um aluno presencialmente em um mesmo local.

O professor propõe então um desafio ao aluno. Com base no que é pedido neste desafio, o aluno deverá configurar o simulador e observar se suas hipóteses se confirmam ou não e por que. Para acionar a simulação, o aluno deve estar posicionado no interior do veículo, selecionar as variáveis disponíveis através do painel de instrumentos e posteriormente acionar a simulação. Ambos os carrinhos se moverão de acordo com os valores indicados pelo aluno e irão colidir. A direção e velocidade final dos carrinhos serão calculadas pelo sistema e resultarão na movimentação observável destes após o choque. É possível, assim como no sistema que serviu de referência para esta simulação, que os valores indicados pelos alunos não resultem em uma colisão, o que não é uma falha, mas uma possibilidade em função dos valores das variáveis indicadas.

Após esta colisão, o aluno pode acionar repetidas vezes o sistema para observar o fenômeno quantas vezes forem necessárias para sua compreensão, ou ainda realizar alterações nas variáveis e observar os novos resultados.

O sistema também contempla a possibilidade de que outros alunos, apesar de não acionarem diretamente o simulador, possam estar presentes como espectadores ou mesmo sentados em outros bancos disponíveis no interior do veículo. Em conjunto com as ferramentas de comunicação disponibilizadas pelo ambiente, isto permite que vários alunos possam participar de uma aula a distância por exemplo, utilizando este modelo de simulador.

Disponibilizar outros componentes pedagógicos no ambiente também é um recurso permitido pelo ambiente e que pode enriquecer a experiência dos alunos nesta simulação. Vídeos com tutoriais, dicas ou orientações podem ser inseridos a partir de streaming de vídeo, como por exemplo o Youtube. Links para artigos ou sites publicados na internet podem ser acessados diretamente de dentro do ambiente, assim como a visualização de imagens em

pôsteres e projetores de slides, recurso bastante semelhante a uma apresentação em PowerPoint no mundo real.

Arquivos de texto contendo informações podem ser criados com um editor de texto presente no próprio sistema, e disponibilizados entre os usuários de forma bastante simplificada. Os usuários podem criar grupos de amizade, divulgando informações e distribuindo conteúdos especificamente para este grupos. Enfim, o leque de opções disponíveis neste ambiente pode ser ainda mais ampliado quando integramos funcionalidades da internet na interface do ambiente. Estas funcionalidades ficam aqui registradas como possibilidades para outras pesquisas sobre o ambiente. Para a análise deste ambiente no modelo proposto utilizaremos apenas a movimentação dos veículos envolvidos na simulação.

6.5 PROCEDIMENTO PARA COLETA DE DADOS

A metodologia utilizada nesta pesquisa foi inspirada nos estudos propostos por Inhelder, Bovet e Sinclair no livro *Aprendizagem e Estruturas do Conhecimento* (1977), e também nas orientações sobre a aplicação do método clínico de Piaget, descritos na publicação de Juan Delval, *Introdução à Prática do Método Clínico, descobrindo o pensamento das crianças* (2002).

Com base na comparação com o método aplicado por Inhelder, Bovet e Sinclair (1977), a proposta de pesquisa consistiu em oferecer dois momentos distintos. Em um primeiro momento buscamos aplicar uma situação de pré-teste, que visa identificar o que os sujeitos sabem previamente sobre a noção trabalhada. Se este conteúdo já faz parte dos repertórios do sujeito que estão sendo submetidos ao estudo, estes não serviriam como sujeitos para a pesquisa. A aplicação do modelo simulado neste caso continuaria para o aluno, mas os dados coletados seriam desconsiderados na etapa de análise.

No segundo momento abordamos o que as autoras definem como situação de aprendizagem e pós-teste, conforme abordaremos na sequência. A metodologia então conta com cinco etapas distintas, conforme segue:

- Etapa 1: Observação dos alunos em sala de aula na disciplina de Ciências.

Nestas visitas (em número de duas) foram observados os itens listados no capítulo que aborda engajamento, e que contemplam os argumentos sobre este tópico e que foram abordados igualmente na aplicação do modelo simulado.

- Etapa 2: Aplicação de um pré-teste envolvendo o conteúdo abordado: A colisão unidimensional.

Esta etapa de Pré-teste busca identificar se o aluno já conhece os conteúdos a serem abordados na pesquisa.

- Etapa 3: Primeiro contato do aluno com o ambiente virtual

Envolveu uma visita guiada a diversos ambientes educacionais e de recreação dentro do Mundo Virtual que está sendo utilizado. Buscamos com isso criar uma familiarização do aluno com o ambiente e com os comandos necessários para o desenvolvimento da atividade, além de reduzir possíveis resultados no que diz respeito ao possível maior engajamento e interesse por parte do aluno que está utilizando o ambiente virtual pela primeira vez, ou seja, como uma novidade.

- Etapa 4: Utilização do simulador

Aplicação propriamente dita do simulador, no qual o aluno foi desafiado a encontrar determinados resultados ao utilizar o simulador.

- Etapa 5: Pós teste.

Aplicação de um segundo teste, envolvendo outros desafios sobre o conteúdo, porém em uma outra abordagem, que busca identificar evidências de aprendizagem.

O papel do professor ou do experimentador neste método é fundamental. Segundo Delval (2002, p.68) “a característica do método clínico é a intervenção sistemática do experimentador diante da conduta do sujeito”. Esta conduta pode se dar pela fala do professor (verbal), ou pela manipulação de um objeto, a alteração de um parâmetro ou variável por exemplo.

O mesmo autor (Delval 2002 p. 82) destaca que para a utilização do método clínico, “é essencial ter uma (ou mais de uma) hipótese inicial. Sem isto o método é completamente inútil. É preciso começar delimitando um problema e ter expectativas quanto à forma como o sujeito abordará o assunto que lhe propusemos”. Delimitamos portanto, a hipótese que norteou os questionamentos aplicados no método: um maior nível de interatividade e a imersão, proporcionados por uma simulação construída em um mundo virtual, pode ser um

elemento que auxilia na construção de conceitos.

O ponto de partida para a aplicação do método consiste em iniciar questionamentos referentes às hipóteses acerca do problema, que devem ter necessariamente um caráter muito geral para que a partir destas, possamos inserir novos questionamentos e manter uma conversa aberta, na qual se vai acompanhando o curso de seu pensamento. Segundo o autor, na prática, o que se costuma fazer é formular um questionário inicial com perguntas básicas e realizar uma primeira entrevista para descobrir os principais tipos de respostas e alguns problemas que os próprios sujeitos colocam, o que nos permitirá estabelecer em uma nova entrevista pontos mais concretos para realizar os questionamentos.

Mas o autor destaca que o método clínico apresenta uma grande dificuldade em sua prática e é muito fácil cometer erros. Entre os principais erros assinalados por Piaget, segundo Delval (2002), encontra-se, em primeiro lugar, sugerir a resposta ao sujeito. O segundo erro está em não buscar nada e portanto não encontrar nada. O autor enfatiza a importância em se trabalhar com hipóteses iniciais, pois “quando não há hipóteses para orientar nosso trabalho é difícil aparecerem respostas interessantes por parte do sujeito”.

Outra preocupação refere-se à rigidez do experimentador, “que muitas vezes não consegue a flexibilidade necessária para adotar o ponto de vista do sujeito, pode interpretar erroneamente o que ele diz e, de certo modo, sugerir as respostas”. Neste caso, “o expectador situa-se em sua própria perspectiva, e não na do sujeito, e não deixa que ele fale ou não questiona suficientemente aquilo que diz” (Delval, 2002).

Os questionamentos foram realizados pelo experimentador com base em um questionário semi-estruturado. Neste modelo de questionário, aplica-se perguntas básicas comuns a todos os sujeitos, e que vão sendo ampliadas e completadas de acordo com as respostas dos sujeitos, para que possamos melhor interpretar o que estão dizendo.

Para o autor, a análise dos dados deve ser iniciada no processo de coleta de dados, principalmente ainda nos primeiros resultados que encontremos no estudo piloto. Nas primeiras entrevistas iremos encontrar respostas que se repetem, reforçando nossas hipóteses e oferecendo subsídios para que possamos modificar ou acrescentar coisas que não havíamos abordado inicialmente. A dificuldade de analisar o método, para Delval, vem justamente da falta de um procedimento geral para a análise dos dados.

Mesmo Piaget não detalhou a questão da análise dos dados, justamente por serem as entrevistas diferentes com cada sujeito. Mas à medida em que as entrevistas do método clínico

nos permitem aprofundar nas respostas dos sujeitos, passamos a realizar estas da mesma maneira. Provavelmente nossos dados resultem em uma massa enorme de respostas, muito distintas entre si, mas em outros casos semelhantes, embora não idênticas. Devemos no próximo passo estabelecer uma ordem, criar categorias. Partindo destas categorias, é que iremos descrever as conclusões obtidas nos experimentos.

6.6 COLETA DOS DADOS

A coleta de dados foi realizada num período de duas semanas, contando com a participação de seis alunos de uma turma de oitava série do ensino fundamental (de oito anos) da Escola Básica Municipal José Amaro Cordeiro de Florianópolis – SC. Estes alunos foram escolhidos de forma aleatória, por sorteio, para que no contra turno, utilizassem o simulador.

O conteúdo abordado pelo simulador proposto não é de alta complexidade, e a escolha de uma turma de oitava série do ensino fundamental para a aplicação deste modelo de simulação justifica-se pelos argumentos a seguir:

- O conteúdo abordado está presente no conteúdo programático do primeiro ano do ensino médio. Estando estes alunos, do último bimestre de turmas de oitava série, já possuem, por analogia, alcançado a faixa etária e desenvolvimento cognitivo necessários para a abordagem do tema, já que iniciam o próximo ano letivo tendo contato com os conteúdos propostos por este simulador.

Neste ponto é relevante a consideração de Piaget (Piaget & Gréco, 1974), ao afirmar que o estágio de desenvolvimento do aluno não é vinculado unicamente a sua faixa etária, mas sim depende de outras etapas da construção de seu conhecimento. Porém consideramos que são estes desafios que o aluno irá enfrentar brevemente, visto sua condição de aluno concluinte do ensino fundamental e que em breve iniciará os estudos no ensino médio, e por este motivo acreditamos já estar em um nível de desenvolvimento compatível aos desafios exigidos pela atividade proposta. Cabe ressaltar também que consideramos o ponto de partida, o conhecimento prévio de cada aluno no momento da avaliação, não exigindo que o resultado numérico encontrado pelo mesmo na atividade irá servir como única fonte de avaliação de seu desempenho, conforme será abordado nas etapas que seguem.

- Evitamos que um maior número de alunos já tenha conhecimento do conteúdo a ser

abordado, caso fosse aplicado em uma turma de primeiro ano do ensino médio.

- A escolha dos alunos se deu de forma aleatória, através de sorteio pelo número da chamada. Os alunos sorteados não demonstraram falta de familiaridade com o uso de ambientes informatizados (por exemplo conhecimentos básicos de Word, internet, redes sociais), e alunos que demonstram já dominar o conteúdo abordado (informações colhidas no pré-teste).
- A utilização do ambiente virtual pelos alunos ocorreu no contra turno das atividades escolares e de forma individual, sem que um aluno tivesse acesso as informações ou experiências de seus colegas ao utilizarem o ambiente.

Para identificar a possível influência do sistema de simulação no engajamento dos alunos durante as atividades propostas, utilizamos os seguintes critérios para a coleta de dados, descritos por Chapmam (2003), e já referenciados anteriormente:

Critério cognitivo

Indica até que ponto os alunos estão dispostos a despender esforço mental nas tarefas de aprendizagem encontradas (por exemplo, os esforços para integrar o material novo com o conhecimento anterior e para monitorar e orientar a compreensão da tarefa através do uso de estratégias cognitivas e meta-cognitivas),

- () Dedicou-se a aprender o conteúdo apresentado
- () Procurou compreender as tarefas solicitadas
- () Procurou relacionar conhecimentos anteriores com os desafios propostos
- () Procurou definir estratégias para completar os desafios propostos

Critério comportamental

Indica até que ponto os alunos estão fazendo ativamente as tarefas de aprendizagem apresentadas (por exemplo, respondendo utilizando uma instrução anterior, fazendo perguntas pertinentes, resolvendo problemas relacionados com a tarefa, participar de discussões relevantes com os professores / pares)

- () Fez perguntas pertinentes, relacionados com as tarefas

- () Manteve atenção no desafio proposto
- () relacionou a dificuldade encontrada no desafio atual com as instruções anteriores

Critério afetivo

Indica o nível de investimento dos alunos, suas reações emocionais as tarefas de aprendizagem (por exemplo, altos níveis de interesse ou de atitudes positivas em relação nas tarefas de aprendizagem).

- () Apresentou interesse no simulador apresentado
- () Apresentou interesse pelo tema abordado
- () Apresentou interesse ao se deparar com desafios mais complexos
- () Se esforçou para concluir os desafios propostos (ou desistiu de realizar alguma tarefa)

Além da observação dos alunos durante as atividades propostas, a coleta de dados será baseada nos resultados obtidos no teste e pós teste, aplicados durante o processo de coleta de dados.

A coleta de dados foi então dividida em três aspectos distintos: perfil dos alunos, evidências de aprendizagem e evidências de engajamento.

6.6.1 Onde a Coleta de dados ocorreu

Conforme descrito no capítulo sobre modelo interacionista, a coleta de dados ocorreu em cinco etapas distintas.

- Etapa 1: Observação geral dos alunos em sala de aula na disciplina de Ciências.

No momento em que faz parte dos objetivos do trabalho identificar se o ambiente virtual interativo proposto é um fator que aumente o engajamento do aluno, faz-se importante observar o nível de engajamento destes em sala de aula. Para podermos fazer comparações entre a sala de aula virtual e a que o aluno tradicionalmente frequenta, ou para identificar os pontos relevantes em relação a seu engajamento e comprometimento ou ainda tentar buscar algumas indicações sobre o seu nível de aprendizado atual, a observação do aluno em sala de aula foi considerada pelo pesquisador como ponto de partida para a coleta de dados neste

estudo.

Neste sentido, procuramos observar a disciplina que possui mais pontos semelhantes aos que serão exigidos do aluno ao utilizar o simulador, ou seja, a disciplina de ciências. Na aula observada o conteúdo abordado refere-se a ligações químicas. Após alguma explicação, em sua maior parte revisando os conceitos que haviam sido abordados na aula anterior, o professor propôs a realização da seguinte tarefa:

“Esquematizar as ligações químicas. A seguir, com as respectivas distribuições eletrônicas, identificar o cátion e o anion.” Exemplos:

Ca₂O e O₈

K₁₉ e Cl₁₇

Foram solicitados diversos exercícios semelhantes aos indicados acima, e após corrigidos um a um pelo professor no quadro negro, novamente realizando as explicações que ele entendia serem necessárias.

- Etapa 2: Aplicação de um teste envolvendo o conteúdo a ser abordado: A colisão unidimensional.

Esta etapa é o Pré-teste, conforme figura 13, busca identificar se o aluno já conhece os conteúdos a serem abordados na pesquisa.

Questionário Pré Teste.

Nome: _____

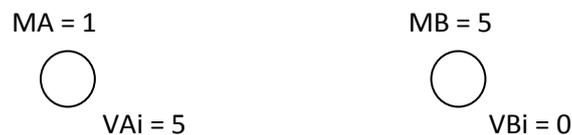
Data: _____

1. Em um sistema perfeitamente elástico, uma esfera "A" com massa igual a 1 ($M_A = 1$), e velocidade inicial igual a 2 ($V_{Ai} = 2$), colide com a esfera "B", a qual possui a mesma massa da esfera "A", porém que esta inicialmente em repouso. Neste caso:

- Qual a velocidade de "A" após a colisão?
- Qual a velocidade de "B" após a colisão?
- Qual a massa de "A" após a colisão?

2. Dois corpos "A" e "B" irão colidir (perfeitamente elástico). O corpo "A" possui massa = 1 e velocidade inicial = 5, e o corpo "B" possui massa igual a 5 e está inicialmente em repouso.

Desenhe a direção em que seguirão os corpos após a colisão:



Quadro 1 – Questionário Pré-teste.¹⁹

Este questionário envolveu conhecimentos abordados pelo simulador. Caso o aluno soubesse solucionar estas atividades, a aplicação do processo seria continuada normalmente, porém os resultados não seriam levados em consideração. Porém nenhum dos alunos conseguiu solucionar os exercícios na etapa do pré-teste.

¹⁹ Questões relativas ao pré-teste aplicado aos seis alunos que participaram da pesquisa.

- Etapa 3: Primeiro contato do aluno com o ambiente virtual

Envolveu uma visita guiada a diversos ambientes educacionais e de recreação dentro do Mundo Virtual que está sendo utilizado. Buscamos com isso criar uma familiarização do aluno com o ambiente e com os comandos necessários para o desenvolvimento da atividade, além de reduzir possíveis resultados no que diz respeito ao possível maior engajamento e interesse por parte do aluno que está utilizando o ambiente virtual pela primeira vez, ou seja, como uma novidade.

De uma maneira geral, focamos esta etapa da coleta de dados no reconhecimento por parte do aluno das ferramentas básicas do ambiente. A movimentação do Avatar dentro do cenário, a posição de câmera, a interação com objetos, os menus e as possibilidades que o ambiente oferece para interação. Os diversos exercícios desta etapa foram realizados em outros espaços do ambiente que não o simulador proposto.

- Etapa 4: Utilização do simulador

Aplicação propriamente dita do simulador, no qual o aluno foi desafiado a encontrar determinados resultados ao utilizar o simulador. Esta etapa estava programada para durar de 30 minutos à 1 hora, porém com alguns alunos o tempo foi estendido devido o interesse deles pelo ambiente.

A dinâmica proposta nesta etapa, sugeriu num primeiro momento resolver os exercícios propostos no pré teste realizado no momento 2, utilizando apenas o simulador. Alguns alunos necessitaram de uma explicação extra, uma outra forma de abordar o conteúdo para que entendessem os conceitos abordados. Isto foi feito com o auxílio de um papel, mas logo em seguida voltávamos a tela do simulador e este se mostrou muito útil então para confirmar que o aluno havia compreendido as explicações.

- Etapa 5: Pós teste.

Aplicação de um segundo teste, figura 14, ou pós-teste, envolvendo o mesmo conteúdo do primeiro teste, porém em uma outra abordagem, com outras atividades e que busca identificar uma aprendizagem significativa (*Lato Sensu*).

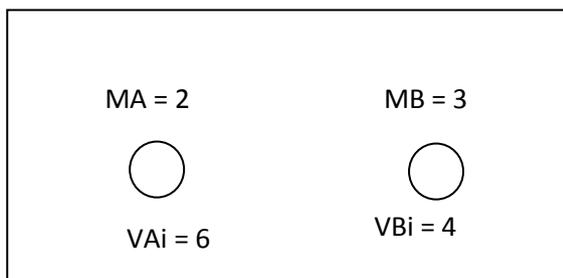
Questionário Pós Teste.

Nome: _____

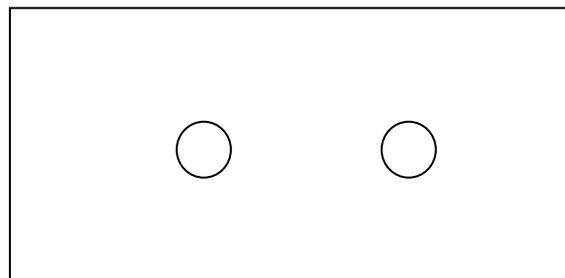
Data: _____

1. Dois corpos com a mesma quantidade de movimento irão colidir em um sistema perfeitamente elástico. Com base no desenho 1, que indica as massas e velocidades dos corpos "A" e "B", indique no desenho 2 os valores e a direção dos dois corpos após a colisão.

Desenho 1



Desenho 2



2. Dois corpos irão colidir em um choque perfeitamente elástico. Sendo os valores indicados para o corpo "A": Massa = 5 ($MA=5$) e Velocidade inicial = 2 ($VAi = 2$), e para o corpo "B": Massa = 1 ($MB=1$) e Velocidade inicial = 2 ($VBi = 2$), responda qual das esferas terá maior velocidade final após o choque?

Quadro 2 – Questionário Pós-teste.²⁰

6.6.2 Resultados da Coleta de Dados

Os dados obtidos na coleta de dados em três momentos foram classificados em 3 categorias: Perfil dos Alunos, Evidências de Aprendizagem e Evidências de Engajamento. A

²⁰ Atividade de pós-teste aplicada aos alunos na quinta etapa da coleta de dados.

análise de cada uma destas é apresentada a seguir.

6.6.2.1 Perfil dos Alunos

Ao descrever o perfil dos alunos que participaram da coleta de dados, buscamos identificar traços comuns que permitam estabelecer relações de interesse entre as atividades diárias que os alunos desenvolvem e o ambiente no qual o modelo de simulação foi proposto. Estes traços podem nos auxiliar a relacionar, a explicar um maior engajamento nas atividades propostas pelo ambiente, além de nos permitir compreender o ponto de partida de cada um dos alunos, seus conhecimentos prévios, critérios necessários para identificarmos o desenvolvimento deste aluno.

Estas observações ocorreram durante todo o processo, principalmente na etapa inicial, de observação dos alunos em sala de aula, mas também durante a aplicação do modelo simulado. Durante a etapa de observação dos alunos em sala de aula, o conteúdo abordado pelo professor de ciências referia-se a ligações químicas. Após alguma explicação, em sua maior parte revisando os conceitos que haviam sido abordados na aula anterior, o professor propôs a realização da seguinte tarefa:

“Esquematizar as ligações químicas. A seguir, com as respectivas distribuições eletrônicas, identificar o cátion e o anion.”

A) Ca_2O e O_8

B) K_{19} e Cl_{17}

Foram solicitados diversos exercícios semelhantes, e após corrigidos um a um pelo professor no quadro negro, novamente realizando as explicações que ele entendia serem necessárias.

Os alunos de uma maneira geral pouco interagiram com o professor. Alguns alunos da turma trocavam informações entre si, na maioria das vezes apenas para copiar a resposta um do outro, sem aparentemente tentar compreender os conceitos necessários para desenvolver a atividade. Eles se mantiveram praticamente calados durante toda a aula.

Neste sentido, abaixo são apresentados observações e relatos obtidos com cada um dos seis alunos envolvidos conforme segue:

- **Aluna 1 (14 anos):**

Durante a observação da aluna em sala de aula, esta apresentou interesse inicial na exposição oral que estava sendo realizada. Conseguiu realizar a maioria das atividades, mas deixou algumas sem resposta, aparentemente aguardando que o professor passasse as explicações no quadro para que ela pudesse copiar. Não interagiu com os colegas e tampouco com o professor. Apenas realizou a maior parte das atividades em silêncio.

Em outro momento, quando questionada a aluna relatou que já havia jogado algum game semelhante ao Second Life, mas não soube dizer qual era este jogo ou se era o próprio Second Life. Além disso, a aluna relatou que joga pouco, na maioria jogos online (jogos no estilo Tetris²¹), utiliza o computador apenas para realizar trabalhos e se comunicar com as amigas. Utiliza com mais frequência sites como o Face Book, Wikipédia, Google e a ferramenta de comunicação MSN.

Durante a aplicação do modelo simulado, a dedicação desta aluna foi integral, fez perguntas pertinentes e alterou as variáveis para verificar o comportamento do simulador. A utilização do ambiente por esta aluna exigiu o maior tempo de toda a pesquisa e durou 3 horas.

Interessante observar aqui que, mesmo não podendo considerá-la como uma jogadora de vídeo-game, podemos identificar uma facilidade em dominar os recursos necessários para a movimentação do Avatar no cenário, e interagir com o ambiente de forma bastante eficiente.

Podemos ver que neste caso, o ambiente conseguiu estimular a curiosidade da aluna, melhorou seu engajamento. Em sala de aula ela demonstrava ter domínio do conteúdo apresentado, porém não se esforçou para completar as atividades, ficou aguardando a solução destas pelo professor. Ao utilizar o simulador seu comportamento foi completamente outro, se mostrando muito disposta e realizando questionamentos pertinentes.

- **Aluna 2 (15 anos):**

Em sala de aula observamos uma aluna um pouco dispersa. Aguardou a resolução das

²¹ Jogo bastante conhecido que envolve raciocínio rápido para encaixar as peças de diferentes formatos que vão caindo e se agrupando no fundo da tela. A cada linha preenchida sua pontuação é acrescida e esta linha some, porém o jogo vai ficando mais difícil a medida que o tempo passa, pois as peças chegam com velocidade cada vez maior.

tarefas por parte do professor para completar as atividades propostas. Não interagiu com os alunos, apenas ficou calada, fazendo anotações em um caderno, mas que não tinham relação com os exercícios propostos em aula.

Esta aluna relatou que gosta muito de jogar vídeo-game, principalmente os jogos da série Final Fantasy (jogo que envolve elementos mitológicos em um formato de RPG), além de The SIMS (um jogo que simula a vida real, no qual você tem que direcionar a vida de um avatar em vários momentos). Na internet utiliza principalmente o Orkut, e informou que fica em média três horas por dia utilizando o computador.

A aluna apresentou muita facilidade com a movimentação no ambiente, dominando em poucos minutos os comandos necessários para o simulador. Fez perguntas relevantes sobre o conteúdo, e apresentou interesse em acessar o ambiente em outros momentos. Interessante ressaltar que ela solicitou informações sobre como se logar no ambiente, criar uma conta e sobre os objetivos que envolvem este simulador, demonstrando interesse em continuar utilizando o ambiente Second Life mesmo depois do final da pesquisa.

- **Aluna 3 (14 anos):**

Aluna bastante dedicada em aula, prestou atenção a explicação dada pelo professor, realizou todas as atividades e ainda prestou informações aos colegas que pediram as respostas dos exercícios.

A aluna apresentou inicialmente um descaso com a atividade proposta. Isto foi observado na explicação inicial no qual foi explicado os motivos do teste, o conteúdo que seria tratado e no pré-teste. Porém quando a aluna acessou o simulador pela primeira vez o seu comportamento alterou completamente e ela dedicou-se às atividades propostas, ouviu as explicações e realizou todas as tarefas do ambiente. Demonstrou facilidade em usar o ambiente.

A aluna informou que também passa algumas horas por dia no computador, gosta de jogar principalmente GTA (um jogo de polícia e bandido, no qual você é o bandido e conta com um cenário extremamente grande e em que tudo todos os itens são interativos e podem ser utilizados, incluindo carros, armas, outras pessoas. É considerado um jogo bastante violento, mas que faz muito sucesso entre os jovens). Além deste jogo, ela dedica muitas horas a sites como Orkut, Facebook, Twitter e MSN.

- **Aluno 4 (16 anos):**

Aluno extremamente disperso em aula. Não prestou atenção na explicação, não realizou as atividades e tampouco as copiou quando o professor resolveu as mesmas no quadro negro. Ficou a maior parte da aula calado, limitando-se a fazer algumas piadas com outros dois colegas que não estão sendo considerados nesta pesquisa.

Foi o aluno que apresentou maior dificuldade em utilizar o ambiente, porém o interesse em participar da atividade foi crescendo durante o período. O aluno apresenta grande dificuldade de concentração e sua letra é quase inteligível. Em conversa com os professores da escola, estes informam que o aluno apresenta grande dificuldade e nenhum interesse em todas as disciplinas.

Diante deste quadro acredito que a sua participação foi uma das mais interessante, pois sua tentativa de concluir a atividade e saber os motivos para os resultados encontrados, mesmo que de forma limitada, foi relevante para a pesquisa.

- **Aluno 5 (15 anos)**

Aluno prestou muita atenção na explicações do professor. Realizou as atividades e ainda auxiliou outros alunos com dificuldade. Aparentemente já dominava o conteúdo que estava sendo exposto. Aluno bastante dedicado em sala de aula, não apresenta problemas de aprendizagem.

E a mesma dedicação foi observada durante os testes. O aluno mencionou que “seria interessante se tivéssemos simuladores como este para serem utilizados durante as aulas. Isto deixaria a aula mais interessante e facilitaria a eles verem os conteúdos de uma maneira mais fácil”. O aluno utiliza regularmente o computador, mas apenas para acessar mídias sociais como Orkut e Facebook ou sites de pesquisa.

- **Aluno 6 (14 anos):**

Aluno um pouco disperso em sala de aula. Fez muitas piadas com os colegas, e prestou atenção apenas parcialmente no conteúdo que estava sendo abordado pelo professor. Realizou parte das tarefas, porém a maior parte copiou de outros colegas.

O aluno apresenta facilidade no uso do computador. Ele informou que domina ferramentas mais avançadas como Flash e Corel Draw. Tem interesse principalmente por ferramentas de desenho e por webdesign. Um familiar possui uma empresa que atua na área de webdesing e o incentiva a continuar aprendendo para que no futuro trabalhe com ele na empresa. Considero esta informação relevante pois demonstra que o interesse do aluno já está bastante focado em outras áreas. A escola para este aluno talvez faça pouco sentido, não o interessa. Mas conseguimos identificar dificuldades visíveis deste aluno com a matemática. Apresentou dificuldade com cálculos simples e a orientação dos vetores no desenho exigido no pós teste. A dedicação deste aluno durante os testes foi total, fez questionamentos relevantes e demonstrou grande interesse.

De uma maneira geral, os alunos pouco interagiram com o professor durante a aula de ciências. Alguns alunos da turma trocavam informações entre si, na maioria das vezes apenas para copiar a resposta um do outro, sem aparentemente tentar compreender os conceitos necessários para desenvolver a atividade. Eles se mantiveram calados durante toda a aula, demonstrando muito pouco interesse.

6.6.2.2 Evidências de Aprendizagem

Neste capítulo identificamos fatores que evidenciam diferentes tipos de aprendizagens (Piaget e Géco, 1974) observados durante as etapas da coleta de dados. A partir da análise dos dados coletados na observação em sala de aula e na etapa de pré teste, podemos identificar o conhecimento prévio do aluno, que serviu de ponto de partida para esta análise. Após, a observação do aluno em sua interação com o ambiente simulado, as ações deste diante dos desafios propostos pela atividade e suas respostas ao questionário pós teste, possibilitou identificar evidências de aprendizagem, descritas na teoria dos autores Piaget e Gréco (1974). Estes dados são analisados e apresentados a seguir:

- **Aluna 1**

A aluna inicialmente não conhecia o conteúdo. Possuía algum conhecimento sobre os conceitos de velocidade e massa, mas não conseguiu responder as atividades do pré teste.

Na sequência das atividades, a aluna foi desafiada a solucionar os desafios propostos pelo pré teste utilizando-se apenas do simulador. A aluna concluiu as atividades do pré

teste sem maiores dificuldades, evidenciando traços de aprendizagem, ou seja, a aluna foi capaz de relacionar o conhecimento prévio com novos conceitos.

A aluna encontrou um pouco de dificuldade ao realizar a primeira questão proposta do pós teste. Foi necessário repetir a explicação sobre o conceito de conservação de quantidade do movimento que já havia sido explicado. Mesmo assim, a aluna conseguiu completar esta atividade sem que fosse oferecida a resposta correta. Já a segunda questão do pós teste ela fez sem ajuda alguma e de forma correta.

Fica evidente neste momento o aprendizado alcançado pela aluna neste caso. Ao realizar as atividades propostas no pós teste, as quais exigiram conhecimento prévio no que se refere aos conceitos de massa e velocidade, e associando com os novos conhecimentos de conservação do momento linear, ela conseguiu concluir os desafios que não haviam sido ensinados. Tais evidências estão alinhadas aos conceitos de aprendizagem apresentados por Piaget & Gréco (1974, p. 52).

É relevante neste momento também lembrar dos conceitos de Delval (2002) sobre a facilidade de cometer erros que o método clínico apresenta. A dificuldade aqui refere-se em não sugerir a resposta pronta ao sujeito, mas sim criar condições para que ele as encontre.

Importante também relembrar o problema que motivou esta pesquisa, apontado por Melo (2010), ao afirmar que um dos maiores problemas em relação ao processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos de ciências nas escolas é justamente o processo de mera conceituação dos fenômenos abordados tradicionalmente nas escolas. Aqui, buscamos desafiar o aluno a “descobrir o que aconteceria se?” (Melo, 2010). Buscamos desafiar o aluno a alterar os parâmetros do simulador, a criar novas situações para que ele mesmo possa identificar os conceitos abordados, criar novas relações entre o que já conhece, conteúdo e o que está sendo apresentado como uma novidade para ele. O que nos permite que isto seja sugerido é, segundo Lemos (2002), justamente a maior ação, o maior controle que o aluno tem sobre o ambiente com o qual está interagindo, ou seja, o simulador.

Este processo de aprendizagem por descobrimento ao qual o aluno é apresentado é novo para ele, não está presente no cotidiano da vida escolar destes alunos que participaram do estudo, e é fator relevante para um maior engajamento, um maior interesse destes alunos em participar das atividades. Estes fatores serão tratados no capítulo seguinte, ao abordarmos as evidências de engajamento do aluno, e são igualmente

relevantes para este trabalho.

- **Aluna 2**

Durante o pré teste ficou evidente que a aluna não conhecia o conteúdo. Porém possuía algum conhecimento sobre conceito de esfera, conceitos de velocidade e massa, mas não conseguiu responder os testes do pré teste.

Após a utilização do ambiente simulado e o desenvolvimento das atividades propostas no pré teste, a aluna também conseguiu desenvolver as atividades do pós teste relatando pouca dificuldade. Chegou aos resultados dos desafios sozinha, sem que fosse necessária alguma explicação adicional.

Identificamos novamente evidências de aprendizagem, uma vez que ao ser desafiada a encontrar as respostas do pré teste utilizando-se do simulador, a aluna conseguiu lembrar-se dos conceitos trabalhados anteriormente. Estas evidências, ou seja, a capacidade de relacionar o que foi trabalhado com o conhecimento prévio, é para Piaget e Gréco (1974) a construção de conhecimento entre o já sabido e o novo, ou seja, a aprendizagem. Verificamos que houve conclusão dos desafios propostos no pós teste, ou seja, um desafio que não foi ensinado anteriormente para a aluna, mas mesmo assim ela conseguiu desenvolver os conceitos necessários para sua conclusão. Estas são evidências de aprendizagem.

- **Aluna 3**

A aluna não conhecia o conteúdo, quase ignorou esta etapa do teste e apenas se limitou a informar que “não sabe do que se trata”.

Concluiu sem dificuldades os desafios propostos nas questões do pós teste. Com poucas explicações referente ao conteúdo ela conseguiu desenvolver se dificuldade as atividades propostas.

- **Aluno 4:**

Não conhecia o conteúdo. Escreveu como resposta da questão 1: “Não faço a menor ideia”. Na segunda questão respondeu: “Não sei”.

Concluiu as atividades do pós-teste apenas com o auxílio. Demonstrou maior interesse do que no início da atividade, mas teve o pior desempenho entre todos os participantes do teste.

Mesmo não alcançando o sucesso na conclusão da atividade, e tendo alcançado melhores resultados no que tange os dados sobre engajamento do que a aprendizagem propriamente dita, os dados obtidos com este aluno são extremamente relevantes. É possível observar evidências de aprendizagem durante a aplicação do modelo simulado com o aluno, já que este, conseguiu, com pouco auxílio, concluir as atividades sugeridas na etapa pré teste, utilizando-se do simulador. Porém não alcançou o desenvolvimento suficiente para que pudesse, mesmo que com auxílio moderado, atingir os resultados esperados para o momento do pós teste. Podemos citar como fatos impeditivos a falta de estruturas prévias, do conhecimento mesmo que superficial de conceitos básicos da Física, tais como massa e velocidade, exigidos para a compreensão do fenômeno que estava sendo abordado. Segundo Piaget e Gréco (1974), uma aprendizagem jamais parte do zero. Estas estruturas que ainda não fazem parte do corpo de conhecimento do aluno são provavelmente o elemento que os impede de conseguir atingir os objetivos alcançados por seus colegas.

- **Aluno 5:**

O aluno não conseguiu resolver as questões do pré teste. Ele informou que acha que já tinha visto este conteúdo, mas não se lembrava como resolver as questões propostas. Respondeu que acha que estavam faltando dados no enunciado do problema para chegar a conclusão do exercício. Como ele não conseguiu realmente concluir nenhum dos dois desafios a sua contribuição será levada em consideração para a coleta de dados.

Concluiu as atividades do pós teste com certa facilidade. Alguns conceitos sobre o conteúdo foram retomados, mas com o auxílio do simulador ele chegou as conclusões de forma rápida.

- **Aluno 6:**

O aluno não conseguiu realizar o pré-teste. Acredita que já viu algo semelhante mas não se lembra. O aluno conseguiu concluir as atividades do pós-teste com certa facilidade,

apenas necessitou que fossem repetidos alguns conceitos.

Relevante trazer neste momento que a maior evidência de aprendizagem aqui considerada não foi o fato de o aluno ter conseguido ou não concluir com sucesso absoluto as atividades do pós teste. Alguns alunos conseguiram e outros não. Importante destacar que mesmo os alunos que não atingiram este objetivo, demonstram ter adquirido conhecimentos relevantes e melhoraram sensivelmente em relação ao ponto de partida, ou seja, às aprendizagens prévias. Este ambiente simulado deste modo mostrou seu potencial na construção por parte dos alunos de novos conhecimentos, permitindo a estes compreender novos conceitos e estabelecer novas relações.

Demonstramos que o ensino de Física pode ser abordado de uma outra forma, distanciando-se das conceitualizações e aproximando-se do que é observado no cotidiano destes alunos.

6.6.2.3 Evidências de Engajamento

As evidências de engajamento podem ser observadas durante todo o processo de coleta de dados. Mesmo durante a observação dos alunos em sala de aula, que nos auxilia a comparar seu engajamento durante as atividades propostas pelo professor com as atividades propostas pelo ambiente simulado, até na dedicação de alcançar os resultados dos desafios propostos no pós teste, podemos traçar relações com os conceitos abordados neste estudo sobre engajamento.

Também consideramos a facilidade de utilização do ambiente por parte do aluno, que pode ser relacionado com o interesse dele em aprender a utilizar aquela interface. O aluno pouco engajado, de certa maneira não terá interesse em aprender sequer a utilização do espaço virtual. Mesmo que inicialmente a timidez ou a falta de familiaridade tornem um primeiro contato mais difícil, o tempo disponibilizado para o acesso as ferramentas disponíveis deve trazer melhoras perceptíveis no contato do aluno com o objeto de estudo.

Neste sentido, segue o relato das observações:

- **Aluna 1:**

Após a demonstração do ambiente, fizemos vários exercícios de movimentação e

posição da câmera e do avatar no cenário. A aluna apresentou facilidade de locomoção do avatar pelo cenário, mas apresentou dificuldade de movimentação da câmera e de interação com os objetos.

A aluna prestou muita atenção durante todo o período, dedicou-se bastante a atividade e com interesse superior ao observado na sala de aula. Durante a explicação inicial foi mencionado que se tratava de um conteúdo do ensino médio, e percebi que isto chamou muito a atenção desta aluna. Já dominando os comandos básicos para interação no ambiente, ela desenvolveu todas as atividades propostas com certa facilidade e chegou aos resultados corretos das atividades 1 e 2, propostas no pré teste com certa facilidade.

Destacamos aqui a importância de seguir critérios claros durante o planejamento e construção do modelo simulado. O simulador deve fazer sentido para o aluno, deve apresentar o ambiente como uma situação verossímil, possível de ser vivenciada em algum momento pelo aluno. Os critérios de construção devem levar em conta os conceitos de presença e interatividade, devem favorecer ao aluno a possibilidade deste agir sobre o ambiente para que possa estabelecer novas relações construir novos conceitos.

Os conceitos de Aldrich (2009) sobre os elementos que compõem este modelo simulado, ou seja, os elementos de simulação, elementos de jogos e elementos pedagógicos, trazem para esta experimentação a possibilidade de explorar novas formas de ensino e aprendizagem, uma nova forma de abordar os conteúdos relevantes da vida escolar deste aluno.

O esforço ou a dedicação observada nos alunos ao se deparar com os desafios propostos, nos remetem aos conceitos abordados por Chapman (2003), ao tratar o engajamento na escola como a intensidade e a qualidade emocional do envolvimento dos alunos na realização das atividades. Os alunos não demonstram durante a ação sobre o modelo simulado traços de passividade ou descontentamento, pelo contrário, se esforçam, concentrados, demonstram envolvimento comportamental e emocional positivos. São otimistas, curiosos e buscam a todo momento atingir os objetivos propostos.

- **Aluna 2:**

Apresentou facilidade em utilizar os comandos do simulador. Após uma rápida explicação ela conseguiu movimentar com facilidade tanto o Avatar quanto a câmera, para que fosse possível observar melhor as atividades propostas. Apresentou interesse pelas

construções dos cenários que visitamos neste primeiro contato com o ambiente, principalmente as construções da Ilha Second UA, que pertence a universidade de Aveiro (Portugal) e remete a um campus universitário futurista.

A Aluna apresentou muita atenção durante todo o período e dedicou-se a atividade. Desenvolveu todas as atividades propostas chegando aos resultados corretos com facilidade.

Cabe ressaltar aqui a informação já tratada anteriormente, de que em sala de aula a aluna 2 mostrou-se um pouco dispersa. Ao tratar o conteúdo envolvido neste simulador de um outro ponto de vista, não como uma teoria escrita em um quadro negro que meramente apresenta-se por conceitos dissociada da realidade (Melo 2010), mas como um conteúdo que se relaciona com a vivência deste aluno, seja na vida real, seja em jogos de vídeo game os quais ela normalmente tem contato, trazemos um componente que pode ser relevante para o fator engajamento. Não estamos tratando aqui de algo que não faz sentido para o aluno, mas que ele vivencia no seu cotidiano. A partir destas situações verossímeis, abordamos os conceitos teóricos que são igualmente necessários ao estudo das ciências.

São estes pontos relevantes que buscou-se identificar, e que são observáveis nas ações dos alunos envolvidos na experimentação do ambiente simulado.

- **Aluna 3:**

Apresentou facilidade em utilizar o ambiente, os comandos do simulador. Conseguiu movimentar o Avatar sem praticamente qualquer explicação. Apenas a movimentação de câmera foi necessário alguma explicação, mas a aluna dominou em pouco tempo os comandos necessários.

A aluna apresentou muita facilidade em utilizar o simulador e compreender os conteúdos propostos. A atividade se desenvolveu de maneira muito rápida, praticamente sozinha e em poucos minutos ela já havia concluído as atividades propostas no pré-teste. Informou sem que fosse solicitado que “esta forma de aprender o conteúdo é melhor, uma forma mais direta de explicar”.

- **Aluno 4:**

Apresentou dificuldade de utilizar o ambiente. Apenas com alguma insistência ele

aceitou começar a movimentar o Avatar pelo cenário, e apresentou dificuldade em movimentar a câmera. Insisti bastante e somente após alguns minutos ele conseguiu realizar os movimentos básicos.

O aluno continuou apresentando dificuldade durante todo o teste prático. Porém não desistiu mais de utilizar o simulador e tentou realizar todas as atividades. Apenas conseguiu realizar as atividades do pré-teste com auxílio, mas mostrou interesse em chegar a conclusão da atividade. O interesse em participar da proposta no início era zero, mas foi crescendo com o passar do tempo. Ao final desta etapa conseguiu realizar as atividades do pré-teste, e demonstrou conhecimento de alguns dos conceitos abordados. Indagado sobre se esta atividade seria mais interessante do que uma aula convencional para abordar o conteúdo ele concordou, mas limitou a dizer “que assim seria mais divertido”.

- **Aluno 5:**

Apresentou dificuldade leve no início das explicações sobre o simulador, mas conseguiu aprender todos os comandos básicos para interagir com o ambiente.

Apresentou facilidade de utilizar o simulador. Concluiu todas as atividades do pré teste com facilidade e chegou aos resultados pretendidos. Conseguiu compreender os comandos e os utilizou para testar as alternativas de todos os desafios propostos, chegando a conclusão de forma rápida.

- **Aluno 6:**

Mostrou grande interesse pelo simulador. Pediu informações para acessar o ambiente posteriormente. Aprendeu com facilidade a utilizar os comandos básicos e a se locomover pelo cenário utilizando o Avatar.

O aluno apresentou certa dificuldade de compreender o conteúdo abordado no simulador, mas com o auxílio de explicações chegou ao resultado esperado para os primeiros exercícios que envolviam o pré-teste. Durante as explicações se mostrou interessando e conseguiu responder a todos os desafios propostos.

A partir das evidências descritas a partir da interação dos alunos com o simulador, foi possível observar o interesse destes em participar da pesquisa bem como o engajamento de cada um dos envolvidos na atividade. Definimos no capítulo 2.2, com base nos conceitos

teóricos de Chapman (2003), que engajamento refere-se à intensidade e qualidade emocional do envolvimento dos alunos na realização de atividades de aprendizagem. O autor aborda o engajamento através de três critérios: investimento cognitivo dos estudantes, a participação ativa e envolvimento emocional com as tarefas específicas de aprendizagem. Estes critérios estão contemplados nas observações realizadas durante o processo de coleta de dados que se referem à utilização do ambiente simulado. Em outras palavras, os alunos tiveram atitudes positivas, fizeram todas as atividades propostas e despenderam esforço mental para solucionar os desafios propostos durante o processo. Piaget define que este interesse, este engajamento, é condição necessária para que ocorra aprendizagem Para Piaget (1962),.

Os conceitos de aprendizagem propostos por Piaget e Greco (1974), trazem o processo de assimilação como um estágio que comporta uma estrutura (aspecto cognitivo) e uma dinâmica (aspecto afetivo), de forma inseparável. O engajamento, segundo os autores, está incluído desde o começo na concepção global de assimilação. Para Piaget (1962), é incontestável o fato de o afeto desempenhar um papel essencial no funcionamento da inteligência. “Sem afeto não haveria interesse, nem necessidade, nem motivação; e, conseqüentemente, perguntas ou problemas nunca seriam colocados e não haveria inteligência.”

Mas engajamento, conforme podemos observar no relato da coleta de dados, por si só não basta. Pode haver engajamento e isto não resultar em aprendizagem (Piaget, 1962). Para o autor, engajamento é condição necessária, porém não condição suficiente para que ocorra a aprendizagem. Observamos isto claramente no relato obtido com o aluno 4, que despendeu visivelmente o maior esforço e interesse em participar da atividade, porém não conseguiu concluir as atividades do pós teste de forma satisfatória. Torna-se necessário então voltar aos conceitos de aprendizagem.

Piaget & Gréco (1974, p. 52) fazem uma distinção entre dois níveis de aprendizagem, que chamam de aprendizagem *Stricto Sensu* e *Latu Sensu*. No primeiro conceito, *Stricto Sensu* ou a aprendizagem no sentido mais restrito, só falaríamos de aprendizagem na medida em que um resultado (conhecimento ou atuação) é obtido em função da experiência, ou seja, da interação do aluno com o objeto. No sentido *Latu*, ou a abordagem numa perspectiva mais ampla, a aprendizagem ocorreria através da combinação da aprendizagem no sentido restrito com os processos de equilibração. É esta a verdadeira aprendizagem, pelo qual o sujeito constrói conhecimentos novos e que por isto, gera desenvolvimento.

Para exemplificar, uma criança em processo de alfabetização realiza uma aprendizagem *stricto sensu* quando reconhece e consegue escrever as palavras que alguém ensinou. Aprendizagem *lato sensu* seria quando a criança consegue escrever qualquer palavra que ouviu, por mais desconhecida que seja para ela esta palavra (mesmo que possa, é claro, escrever com alguns erros ortográficos). Ou seja, é quando compreendeu a noção. Daí consegue aplicar a qualquer situação.

No modelo simulado conseguimos identificar que houve aprendizagem, mas não iremos aqui delimitar se houve aprendizagem no sentido *Stricto Sensu* ou aprendizagem no sentido *Lato Sensu*. Para o objetivo aqui delimitado, basta-nos evidenciar que houve aprendizagem. Para tanto, os questionamentos do pós teste foram propositalmente diferentes do pré teste, sendo que para concluir com sucesso o pós teste seria necessário o aluno construir conhecimentos que não possuía anteriormente, evidenciados na sua impossibilidade de realizar com sucesso os testes iniciais sobre o conteúdo, o pré teste. E vários alunos conseguiram concluir o pós teste com sucesso.

Mas procuramos também demonstrar como cada um dos envolvidos evoluiu, portanto as análises partem do ponto de partida de cada um dos alunos. Para Inhelder, Bovet e Sinclair (1977, p.259). o progresso é atingido por cada um dos sujeitos, e aí reside a importância de se acompanhar o caminho individual. O aproveitamento das situações de aprendizagem depende das estruturas já construídas até aquele momento e não, unicamente, da estimulação do meio.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A principal contribuição desta pesquisa foi evidenciar a possibilidade de emprego de um simulador social, o *Second Life*, em uma simulação educacional, demonstrando como a imersão do aluno em um ambiente verossímil relacionado à disciplina de Física pode favorecer o engajamento dos alunos e prover condições para que a aprendizagem ocorra.

Ao utilizar *Mundos Virtuais* como um ambiente educacional, ganhamos a liberdade de construir através de cenários virtuais um ambiente verossímil, possível de ser vivenciado pelo aluno em algum momento. Esta possibilidade é o elemento que desencadeia uma série de novas situações, sendo este um dos diferenciais deste estudo.

Ao propor a construção deste simulador em um mundo virtual, estamos oferecendo novos níveis de interatividade, novas formas de comunicação, novas formas de abordar o conteúdo educacional e principalmente propondo uma situação em que elementos de jogos, de simulação e elementos pedagógicos se complementam para oferecer uma situação de maior engajamento e aprendizagem (Aldrich, 2009).

Esta nova situação permite fornecer ao aluno um ambiente simulado que apresenta a possibilidade de não apenas tratar de conceitos prontos sobre o conteúdo que será trabalhado, mas sim prover a possibilidade de o aluno alcançar ou elaborar seus próprios conceitos, estabelecer relações, testar hipóteses, errar e acertar de forma livre. E esta proposta vem ao encontro às teorias construtivistas que embasaram o trabalho.

Não estamos aqui propondo um modelo acabado de simulador, mas sim oferecendo novas possibilidades para que educadores utilizem esta forma de interação em suas atividades pedagógicas. Nas pesquisas que realizamos, encontramos vários exemplos de modelos simulados complexos, mas que não fornecem ao aluno a possibilidade de testar hipóteses, alcançar suas próprias deduções. Os modelos simulados, frequentemente, buscam apenas comprovar ou ilustrar o conceito final, um produto pronto e acabado no qual o papel do aluno é apenas observar o que acontece em um fenômeno isolado, sem qualquer relação com o mundo real ou com situações cotidianas vivenciadas pelo aluno. Este é outro diferencial do ambiente simulado em *Mundos Virtuais* desenvolvido nesta pesquisa.

Quando os alunos interagem com um ambiente de *Mundos Virtuais*, eles tratam este mundo como real (Chittaro & Ranon, 2007). Sua experiência educacional neste ambiente digital é real, existe, assim como o contato com os objetos virtuais ou outros usuários que

podem encontrar pelo caminho não linear desta estrutura. O ambiente oferece um nível de realismo, uma possibilidade de vivenciar uma situação verossímil em uma situação educacional.

A partir desta afirmação, podemos criar novas possibilidades educacionais que se apresentam para o processo de ensino e aprendizagem de diferentes conteúdos escolares, principalmente os que envolvem as disciplinas de ciências. Dentro desta possibilidade, o conteúdo abordado por este trabalho foi o de colisão de dois corpos. Este conteúdo da Física é abordado no primeiro ano do ensino médio, e é normalmente tratado apenas na forma conceitual, um conceito físico dissociado da realidade (Melo 2010).

Ao propor novas formas de interação com os ambientes computacionais, possibilitadas pelos recursos tecnológicos de Mundos Virtuais, podemos buscar no cotidiano do aluno situações que ele já tenha vivenciado em sua vida real ou mesmo em jogos de vídeo game que ele gosta por exemplo. Os cenários e os objetos interativos, que formam os elementos de game, as respostas do sistema e suas alternativas de interação, que formam os elementos de simulação, e a forma como este conteúdo é abordado, que resulta nos elementos pedagógicos, se apresentam para o aluno como uma nova forma de aprender.

Propusemos então, utilizar um simulador social, para através de seus recursos de interatividade, construção livre dos cenários que ambientam uma situação verossímil de forma virtual e comunicação, propor um simulador que contemple elementos de um simulador educacional, um jogo, e elementos pedagógicos. Estes elementos, estas características, buscam propor um ambiente que favoreça a um maior engajamento, e conseqüentemente numa nova possibilidade para o processo de ensino e aprendizagem.

Procuramos explorar um simulador educacional que permite ao aluno fazer descobertas sobre o conteúdo que se apresenta. Através de desafios e o apoio constante do educador, o aluno é instigado a refletir sobre os resultados encontrados, alterar variáveis, propor hipóteses, descobrir o que aconteceria se? (Filho 2001, p.3 apud Pegden 1990).

Entendemos que a aprendizagem não parte jamais do zero, é um processo de construção. Com base na teoria construtivista de Piaget, descrevemos os conceitos que serviram como base para a construção teórica dos pressupostos pedagógicos envolvidos na formulação do ambiente simulado aqui proposto, bem como os conceitos sobre a aprendizagem e a própria experiência de utilização juntos aos alunos, que serviram para a coleta e análise dos dados desta pesquisa.

Durante a aplicação do modelo simulado, observamos que a maior parte dos alunos conseguiu concluir as tarefas de maneira satisfatória, utilizando-se das explicações e dos dados que observaram no simulador. As tarefas solicitadas no pré teste serviram de ponto de partida para explicar o conteúdo da disciplina de Física, a colisão de dois corpos. Os alunos aprenderam a utilizar os comandos do simulador para tentar achar as respostas, testar hipóteses e através de uma análise destes dados do pré teste, descobrir os conceitos que estavam sendo abordados. A partir destes conceitos, a maior parte dos alunos conseguiu completar as tarefas seguintes, que faziam parte do pós teste, ou seja, conseguiram alcançar o que Piaget e Gréco (1974) definem como aprendizagem.

Interessante observar que, mesmo os alunos com maior dificuldade em sala de aula (etapa um da coleta de dados, a observação do aluno na sala de aula de ciências) conseguiram completar as atividades propostas, sendo auxiliados é claro, mas dedicaram-se, buscaram as respostas, estavam engajados. A atenção e dedicação as explicações utilizando o modelo simulado foi muito superior a que observamos dos mesmos alunos em sala de aula. Alguns alunos que não procuraram completar as atividades propostas em sala de aula, ou mesmo nem quiseram copiar as respostas prontas do quadro negro, neste ambiente virtual mantiveram a atenção e se dedicaram a completar as tarefas, mesmo com suas dificuldades pessoais. Isto demonstra que o ambiente ofereceu recursos que podem despertar um maior engajamento por parte dos alunos.

Concluimos com base na coleta e análise dos dados que foram apresentados, que este ambiente pode sim servir como uma alternativa aos modelos simulados atualmente propostos, principalmente se considerarmos como modelo comparativo, o atual método de ensino das ciências, baseado apenas na conceitualização de fenômenos que raramente mantêm relação com as situações vivenciadas pelos alunos (Melo, 2010).

Este modelo simulado alcançou os objetivos propostos inicialmente. A interatividade e imersão propiciados pelo ambiente virtual proporcionou um maior nível de engajamento aos alunos envolvidos na pesquisa. Verificamos que houve (Piaget e Gréco, 1974), descritos no decorrer da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALDRICH, CLARK (2009). **Learning online with games, simulations and virtual worlds**. San Francisco, CA, Jossey-Bass
- ALDRICH, CLARK (2009). **The complete guide to simulations and serious games**. San Francisco, CA, Pfeiffer
- ARNOLD, Francisco J.; PELA, Carlos A **Simulação computacional de campos ultrasônicos**. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 26, n. 3, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172004000300006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 27 Feb. 2012.
- ARRUDA, JosÃ© Ricardo Campelo. **Un modelo didáctico para enseñanza aprendizaje de la física**. Rev. Bras. Ensino. São Paulo, v. 25, n. 1, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172003000100011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 27 Feb. 2012.
- BECKER, Fernando (2003). **A Origem do Conhecimento e a Aprendizagem Escolar**. Porto Alegre: Artmed.
- BEER Martin, SLACK Frances, and ARMITT Gillian. 2005. **Collaboration and Teamwork: Immersion and Presence in an Online Learning Environment**. *Information Systems Frontiers* 7, 1 (January 2005), 27-37. DOI=10.1007/s10796-005-5336-9 <http://dx.doi.org/10.1007/s10796-005-5336-9>
- BERGSTR, Sonja, HILDEBRANDT Tomas, LEHMANN Lasse et. Al. 2007. **Virtual context based services for support of interaction in virtual worlds**. In *Proceedings of the 6th ACM SIGCOMM workshop on Network and system support for games (NetGames '07)*. ACM, New York, NY, USA, 111-116. DOI=10.1145/1326257.1326277 <http://doi.acm.org/10.1145/1326257.1326277>
- BLEICHER, Lucas et al. **Análise e Simulação de Ondas Sonoras Assistidas por Computador**. Rev. Bras. Ensino. São Paulo, v. 24, n. 2, June 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172002000200008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 27 Feb. 2012.
- BOOK, Betsy (2004) **Moving Beyond the Game: Social Virtual Worlds**. Disponível em: <<http://deby.net/FILES/3d/ARTICLES/moving%20beyond%20the%20game%20-%20social%20virtual%20worlds.pdf>>. Acesso em 15 Agosto de 2009

CAMILETTI, Giuseppe; FERRACIOLI, Laércio. **A Utilização da Modelagem Computacional Semiquantitativa no Estudo do Sistema Mola-Massa.** Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 24, n. 2, June 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172002000200006&lng=en&nrm=iso. Acesso em 27 Feb. 2012.

CASTRO, Santiago y RIVAS DE ROJAS, Ninoska. **Bailemos al son que nos toquen: una simulación instruccional para mediar sobre el aprendizaje de los estados de agregación de la materia. Investigación y Postgrado.** [online]. ago. 2008, vol.23, no.2 [citado 27 Febrero 2012], p.271-293. Disponible en la World Wide Web: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-00872008000200010&lng=es&nrm=iso. ISSN 1316-0087.

CHAPMAM, Elaine (2003). **Practical Assessment Research & Evaluation.** Acessado em 10 novembro 2010. Disponível em: <http://pareonline.net/getvn.asp?v=8&n=13>.

CHITTARO, Luca. RANON, Roberto (2007). **Web3D Technologies in Learning, Education and Training: Motivations, Issues, Opportunities.** Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.99.3029&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em 25 Julho de 2010.

CLARK, Ruth C. MAYER , Richard E. (2008) **E-Learning And The Science Of Instruction: Proven Guidelines For Consumers And Designers Of Multimedia Learning,** SAN FRANCISCO, CA, USA, EDITORA PFEIFFER.

Colisão (física). In **Infopédia** [Em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2010. Disponível em: [http://www.infopedia.pt/\\$colisao-\(fisica\)](http://www.infopedia.pt/$colisao-(fisica)). Acesso em: 20 agosto de 2010.

DELVAL, Juan (2002). **Introdução à prática do método clínico,** Porto Alegre, RS, Artmed Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=128947.128957&coll=DL&dl=GUIDE&CFID=101638650&CFTOKEN=49675647>. Acesso em 10 junho de 2010

DORNELES, Pedro F.T.; ARAUJO, Ives S.; VEIT, Eliane A. **Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade.** Parte II: circuitos RLC. Rev. Bras. Ensino. São Paulo, v. 30, n. 3, Sept. 2008 . Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172008000300008&lng=en&nrm=iso. Acesso em 27 Feb. 2012.

FIOLHAIS, C., TRINDADE, J.(2003) **Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas**. Revista Brasileira de Ensino de Física vol.25 no.3 São Paulo. Sept. 2003

FREITAS Filho, Paulo José. (2001). **Introdução À Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações**. Editora: Visual Books. Florianópolis/SC

GREIS, Luciano Kercher. **Second Life: uma proposta de utilização pedagógica**, 2007 disponível em: <<http://pead.ucpel.tche.br/revistas/index.php/colabora/article/viewFile/96/82>>. Acesso em 10 de Março de 2012.

INHELDER, Barbel. BOVET, Magali. SINCLAIR Hermine (1977), **Aprendizagens e estruturas do conhecimento**, São Paulo SP, editora Saraiva

JENSEN, Jens.(1998) **Interactivity: Tracking a New Concept in Media and Communication Studies**. Nordic Review

JONASSEN, David, DAVIDSON Mark, COLLINS Mauri et. Al. **Constructivism and Computer-Mediated Communication in Distance Education**. Disponível em <<http://www.c3l.uni-oldenburg.de/cde/media/readings/jonassen95.pdf>>. Acesso em 15 de Dez. 2012.

KAPP, KARL M.; O'DRISCOLL, tony (2010). **Learning in 3D: adding a new dimension to enterprise learning and collaboration**. San Francisco, CA, Pfeiffer

LANDAU, D. P.; WANG, F.. **A new approach to Monte Carlo simulations in statistical physics**. Braz. J. Phys., São Paulo, v. 34, n. 2a, June 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-97332004000300004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 27 Feb. 2012.

LEMOS, A., Cibercultura (2002). **Tecnologia e Vida Social na Cultura Contemporânea**. Porto Alegre, Sulina

LÉVY, PIERRE. (1996) **O Que é Virtual**. São Paulo: Editora 34

MANDRYK, R.L., INKPEN, K.M., CALVERT, T.W., (2006). **Using psychophysiological techniques to measure user experience with entertainment technologies. Behaviour & Information Technology**. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.125.4692&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em 15 maio 2009

MARQUES, Tania Beatriz Iwaszko. (2005) **Do egocentrismo à descentração: a docência no ensino superior**. Porto Alegre: UFRGS/FACED, 2005. Tese de Doutorado.

MELO, ANA CAROLINA STAUB DE (2010). **Transposição Didática do Modelo de Huygens: uma proposta para a física escolar**. Florianópolis, Disponível em: <<http://www.ppgect.ufsc.br/base-dt/ufsc-ppgect-teses2010-ana-melo-integra.pdf>>. Acesso em: 01 abril de 2010.

MILLER, C. (2004) **Digital storytelling: a creator's guide to interactive entertainment**. Burlington, MA: Focal Press

PERALES, Francisco J. **La Imagen en la Enseñanza de las Ciencias: Algunos Resultados de Investigación en la Universidad de Granada**, España. Form. Univ., La Serena, v. 1, n. 4, 2008 . Disponible en <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50062008000400003&lng=es&nrm=iso>. accedido en 27 feb. 2012. doi: 10.4067/S0718-50062008000400003.

PIAGET, J. (1978) **Fazer e Compreender**, São Paulo: EDUSP/Melhoramentos.

PIAGET, Jean. **The relation of affectivity to intelligence in the mental development of the child**. [transl. by Pitsa Hartocollis]. In Bulletin of the Menninger clinic. - 1962, vol. 26.. Disponível em: <http://www.marcelo.kinghost.net/ufrgs/CINTED/louise%20e%20marcia/aula3/piaget-afetividade_1.pdf>. Acessado em: 15 outubro 2010

PREECE, J. ROGERS, Y., SHARP, H. (2005) **Design de Interação: Além da Interação Humano-Computador**. Porto Alegre, RS: Bookman.

PRENSKY, M. (2001). **Digital Natives, Digital Immigrants**. On the Horizon, MCB University Press, v.9, n. 5, 2001. Disponível em: <<http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>>. Acesso em: 07 setembro. 2007.

RANDOLPH L. Jackson and Eileen Fagan. 2000. **Collaboration and learning within immersive virtual reality**. In *Proceedings of the third international conference on Collaborative virtual environments (CVE '00)*, Elizabeth Churchill and Martin Reddy (Eds.). ACM, New York, NY, USA, 83-92. DOI=10.1145/351006.351018 <http://doi.acm.org/10.1145/351006.351018>

RYMASZEWSKI, Michael e Outros (2007), **Second Life - O Guia Oficial**, Ediouro rio de janeiro.

ROJAS, J.F. et al . **Física computacional: una propuesta educativa**. Rev. mex. ffs. E, México, v. 55, n. 1, jun. 2009. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-35422009000100013&lng=es&nrm=iso. accedido en 27 feb. 2012.

SALEN, K., ZIMMERMAN, E. (2009). **Game Design and Meaningful Play**. In Raessens, J., Disponível em: <http://www.waffler.org/wp-content/uploads/2009/05/Game-Design-and-Meaningful-Play.pdf>>. Acesso em 20 outubro de 2009

SANTAELLA, Lucia (2009). **Navegar no Ciberespaço - O Perfil Cognitivo do Leitor Imersivo**. São Paulo SP Editora: Paulus

SHERMAN, William R., CRAIG Alan.(2003). **Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design**. San Francisco CA editora Morgan Kaufmann publishers

SIMÕES JR, F.J.R.; COSTA JR, E.; ALVES, M.V. and CARDOSO, F.R.. **Física de plasma espacial utilizando simulação computacional de partículas**. Rev. Bras. Ensino. [online]. 2011, vol.33, n.1 [cited 2012-02-27], pp. 01-14. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172011000100010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 12 de Janeiro de 2012.

SIMS, R. (1997) **Interactivity: a Forgotten Art?** Computers in Human Behavior, v. 13, n. 2, p.157-80.

THISSEN, F. (2004). **Screen Design Manual: Communicating Effectively Through Multimedia**. Berlin: Springer Verlag,

TORI, Romero; KIRNER, Cláudio; SISCOOTTO, Robson.(2006) **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Belém: VIII Symposiun on Virtual Reality, 2006. Disponível em: <http://www.gamecultura.com.br/downloads/livros/livrosvr2006-final.pdf>>. Acesso em: 01 outubro de 2010.

YAMAMOTO, Issao; BARBETA, Vagner Bernal. **Simulações de experiências como ferramenta de demonstração virtual em aulas de teoria de física**. Rev. Bras. Ensino. São Paulo, v. 23, n. 2, June 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172001000200013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 27 Feb. 2012.

ZELTZER, D. (1992). **Autonomy, interaction, and presence.** Presence,1(1): p. 127-132.