

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO – PUC-SP

Grazielle de Lima Cianfa

A física básica nos jogos digitais

Mestrado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital

São Paulo/2014

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO – PUC-SP

Grazielle de Lima Cianfa

A física básica nos jogos digitais

Dissertação apresentada à Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do título de MESTRE em Tecnologias da Inteligência e Design Digital, sob a orientação do Prof. Dr. Nelson Brissac Peixoto.

Mestrado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital

São Paulo/2014

Banca Examinadora

Agradecimentos

Agradeço à minha família por toda a motivação e compreensão!

Agradeço ao meu orientador Prof Dr Nelson Brissac pela paciência e dedicação.

Agradeço aos amigos por todo o apoio.

Agradeço a PUC-SP e a CAPES pela oportunidade a mim concedida.

“O importante é não parar de questionar”

Albert Einstein

Resumo

A presente pesquisa trata sobre a física básica nos jogos digitais. Apresentamos o processo de como ela chega até ao jogador, mas sem nos apegarmos aos códigos de programação ou softwares específicos. Nossa foco foi descobrir se a física que vemos nos jogos digitais é real ou não e como ela atinge o jogador, através da análise da física básica nos jogos.

Como existem diversos jogos e o campo de estudo da Física é amplo, selecionamos um jogo e um fenômeno físico para analisar. O jogo chama-se *Dead Space 1* e nele verificamos o fenômeno da gravidade. Estudamos como ela está presente e como interage com o jogador. É realista? Como afeta o jogador? Essas são questões que respondemos nas considerações finais.

Steve Rabin, Jeannie Novak e Richard Bartle foram as principais fontes de informação para a pesquisa. Neles encontramos como a física deve ser, sua importância e como ela é inserida nos jogos digitais. Buscamos em Halliday e Newton e na astrofísica, visto que o jogo se passa no espaço, as definições de gravidade para assim sermos capazes de identifica-la e confirmar se é ou não realista no jogo. A física analisada é a física básica, que também é chamada *naïve*, ou *ingênua*, pois se trata do conhecimento sobre o funcionamento físico do mundo adquirido por experiência vivenciada e observações pelo ser humano.

A análise foi realizada em caráter analítico pela pesquisadora sob uma perspectiva de jogador, visto que nossa finalidade é observar a física básica e não teorias. Esta se

mostrou a melhor opção para alcançar nosso objetivo. Através da análise semiótica de algumas cenas foi feito o estudo do fenômeno no jogo e por fim apresentamos nossa conclusão.

A pesquisa mostrou que a física dos jogos digitais se parece geralmente com a realidade, porém não se comporta como tal. Houve também situações em que o realismo foi adquirido através da simulação exata da física. O estudo das cenas do jogo nos convém como confirmação do que foi investigado: a física deve se parecer real para ser realista, mas nem sempre precisa se comportar como fenômeno real. O importante é que o jogador se sinta mais imerso em um ambiente de realismo físico do que em um ambiente em que este fator não é considerado.

Palavras-chave: física, jogos digitais, realismo, imersão.

Abstract

This research is about the basic physics in digital games. We presented the process of how it reaches the player, but without holding on in the programming codes or specific software. Our focus was figuring out if the physics that we see in digital games is real or not and how it affects the player, through the analysis of basic physics in games.

As there are many games and the Physics field of study is large, we select one game and one physical phenomenon to analyze. The game is called Dead Space 1 and we checked the phenomenon of the gravity. We study how it is present and how it interacts with the player. Is it realistic? How it affects the player? These are questions that we answer in the final considerations.

Steve Rabin, Jeannie Novak and Richard Bartle were the main sources of information for research. In them, we find how the physics should be, its importance and how it is inserted in digital games. We seek in Halliday, Newton and astrophysics, since the game is set in space, the definitions of gravity in order to identify it and confirm if it is realistic in the game. Physics analyzed is the basic physics, which is also called naïve, or ingenuous, as it is the understanding of the physical workings of the world acquired by lived experience and observations by humans.

The analysis was performed in analytical character by the researcher under a player's perspective, since our purpose is to observe the basic physics and not theories. This proved to be the best option to achieve our goal. Through the semiotic analysis of some

scenes, we made the study the phenomenon in the game and finally, we present our conclusion.

Research has shown that physical digital games usually looks like reality, but does not have the behavior of it. There were also situations where realism was acquired through accurate simulation of physics. The study of gameplay footage suits us as confirmation of what was investigated: physical must seem real to be realistic, but not always need to behave as real phenomenon. The important thing is that the player feel more immersed in a physical realism environment than in an environment in which this factor is not considered.

Keywords: physical, digital games, realism, immersion.

Lista de figuras

Figura 1: O objeto do jogo (<i>general mesh</i>) e seu corpo rígido em vermelho (<i>convex mesh</i>) ..	38
Figura 2: Da esquerda para direita: <i>Hinge joint</i> , <i>ball joint</i> , <i>sliding joint</i>	45
Figura 3: Raio de luz sendo refletido e refratado	55
Figura 4: Cena do jogo <i>Skyrim</i>	59
Figura 5: Motor de física <i>Interactive Physics</i>	62
Figura 6: Dead space 1, objetos em repouso.	74
Figura 7: Caixas empilhadas	74
Figura 8: Dead Space1, gravidade ligada.	77
Figura 9: Dead Spae1, gravidade desligada.....	77
Figura 10: O astronauta Chris Hadfield e objetos ao seu redor flutuando em micro gravidade.	78
Figura 11: <i>Dead Space 1</i>	80
Figura 12: Dead Space 1, corpo em gravidade zero.	81
Figura 13: Água em micro gravidade.	83
Figura 14: Dead Space 1, alienígena caído.....	84

Figura 15: *Dead Space 1*, gravidade zero 86

Figura 16: Dead space 1, placa sobre gravidade zero. Tradução: “Você está prestes a entrar na sala de terapia de gravidade zero. Cuidado – por favor, leia. Navegar em ambiente com gravidade zero é perigoso! Apenas membros da tripulação vestindo botas de gravidade devem ativar o painel de controle de gravidade e devem ser cautelosos todo o tempo. Pacientes não devem entrar a menos que estejam acompanhados por um oficial médico.” 87

Figura 17: Dead space 1, cena do capítulo 4. Gravidade zero. 88

Sumário

INTRODUÇÃO.....	19
1. A FÍSICA NOS JOGOS DIGITAIS	20
1.1. REALISMO FÍSICO NOS JOGOS DIGITAIS	20
1.2. COMO FUNCIONA?.....	25
1.2.1. <i>Motor de jogo</i>	30
1.2.2. <i>Motor de física</i>	33
1.2.2.1. Colisão, corpos rígidos e flexíveis e restrições.....	36
1.2.2.2. A física dos personagens.....	45
1.2.2.3. A física dos fluídos	47
1.2.2.4. Destrução de objetos.....	48
1.3. PERCEPÇÃO	49
1.3.1. <i>Som</i>	51
1.3.2. <i>Luz</i>	54
1.4. CONCEITO HISTÓRICO.....	60
2. CONCEITO DE FÍSICA BÁSICA.....	64
2.1. GRAVIDADE	65
3. ANÁLISE EMPÍRICA DO JOGO	68
3.1. MÉTODO DE ANÁLISE	68
3.2. DEAD SPACE	71
3.3. ANÁLISE DE ESPAÇO INTERNO	73
3.4. ANÁLISE DE ESPAÇO INTERNO E ABERTO	79
3.5. ANÁLISE DE ESPAÇO EXTERNO.....	85
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
5. BIBLIOGRAFIA.....	93

Introdução

A física é inserida nos jogos digitais através de softwares e programação. O jogador vê o fenômeno físico no *game* da mesma forma que o vê na vida real. Nesta pesquisa entendemos que o realismo físico é alcançado através da simulação de uma física que se parece real para o jogador, não necessariamente se comportando de forma real.

Os fenômenos físicos são inseridos nos *games* através de programação ou ferramentas pré-programadas em softwares, chamados motor de física. Esses motores simulam os fenômenos de forma realistas para assim agradar os jogadores e mantê-los imersos no jogo, isso porque um ambiente virtual realista deixa o jogador mais à vontade.

Foi feita a análise de um jogo nesta pesquisa para que se possa compreender melhor o tema abordado e comprovar o que foi pesquisado. Como a Física possui uma área de atuação ampla, foi selecionado um fenômeno físico e este foi o objeto analisado no jogo Dead Space 1.

A física nos jogos digitais estudada nesta pesquisa trata-se do fenômeno que o jogador vê ao jogar, por esse motivo não detalhamos fórmulas ou códigos de programação para ser aplicado ao jogo.

1. A física nos jogos digitais

Como diz Espen Aarseth (2003) os jogos são simulações que podem reproduzir qualquer fenômeno que nos ocorra e portanto nenhuma área de investigação/estudo deve ser eliminada. Sendo uma área abrangente temos assim uma grande variedade de áreas para o estudo de jogos.

A física está inserida na criação do mundo virtual do jogo e em sua maioria ela é realista porque imita o mundo real que nos cerca. Neste capítulo veremos como a física básica se comporta nos jogos e como ela pode ser aplicada a eles.

1.1. Realismo físico nos jogos digitais

O primeiro ponto a ser analisado quando se pensa em criar um mundo virtual é a física. Os *designers* de jogos geralmente dão prioridade para a geografia e economia do seu jogo, porém, pensar como as coisas são e o motivo pelo qual funcionam de certa maneira, traz o conhecimento e a capacidade de inovação na hora de criar. O *designer* deveria se capacitar o máximo sobre o mundo da física presente em seu mundo virtual, assim poderá encontrar meios para aperfeiçoar e inovar o jogo e, principalmente beneficiar os jogadores (BARTLE, 2004).

A física, sendo a primeira questão a ser pensada no momento da criação de um jogo digital, proporciona a compreensão do mundo virtual que será criado dando mais liberdade e capacidade ao game designer para conceber cenas no jogo que propiciem uma completa interação com os jogadores. Os jogos digitais são movidos pela física da mesma forma que o universo em que vivemos. A simulação de ambientes em jogos digitais imita o mundo real, pois é o conhecimento empírico que temos sobre como tudo funciona. Por isso os jogadores se sentem mais imersos em mundos virtuais com maior grau de realismo

Rabin (2012, p. 373) diz que é possível afirmar que um jogo realista deixa os jogadores mais imersos porque nosso cérebro está acostumado a reconhecer os movimentos da realidade a nossa volta como o correto.

Assim um fenômeno físico dentro do jogo digital que se assemelha com um fenômeno físico real vai parecer apropriado ao jogador, pois está dentro dos padrões de realidade aos quais está acostumado. Quando o jogador se depara com um ambiente virtual realista sua percepção do mundo não se altera, pois este se parece com o mundo real, fazendo com que o jogador se sinta imerso no *game*. Neste momento, contudo, ele recorre a conhecimentos prévios que possui, suas experiências vividas, que o favorecem em determinado ponto do jogo.

A física do mundo virtual é baseada na física do mundo real que vemos à nossa volta, pois se trata do que conhecemos. Nós, seres humanos, possuímos um conceito básico sobre a física da realidade. Tomamos conhecimento desde o início de nossas vidas de como funciona o mundo através da observação e experiência que vivemos aprendendo assim as regras que conduzem a realidade. Por isso, as normas

desenvolvidas ao se criar um mundo virtual são baseadas nas leis da física, porque é o que conhecemos. Assim quanto mais real, mais imersivo é o ambiente virtual criado no jogo (BARTLE, 2004).

Conforme nós observamos o mundo a nossa volta adquirimos o entendimento de como ele funciona. Quando vemos um fenômeno físico simulado dentro de um jogo, o comparamos com nossas experiências e podemos dizer, assim, se ele se parece com o real, mesmo não tendo um conhecimento profundo sobre a Física.

Os mundos virtuais hoje em dia podem ser acessados a partir de computadores com melhores recursos do que os do passado e supõe-se que por esse motivo a física nos jogos também devesse ser mais evoluída. Porém a física do jogo digital não precisa funcionar como a física da realidade, mas ela deve se parecer real. Richard Bartle (2004) diz que na verdade os jogos digitais não precisam conter todas as regras e leis da física existentes para serem realista em todos os contextos, mas devem conter o essencial, as leis básicas da natureza, que são suficientes para satisfazer os jogadores.

Com o conhecimento básico que o ser humano possui sobre a física, os fenômenos do mundo virtual só precisam se parecer visualmente com os fenômenos físicos da realidade, mas nem sempre agir como tal. Essa semelhança é suficiente para que o jogador reconheça aquele determinado fenômeno virtual como real. Essa atmosfera envolve o jogador e proporciona sua imersão no jogo, fazendo-o sentir-se parte dele.

Schell (2011) diz que a estética visual do jogo não é mais ou menos importante, mas é a parte do *game* que o jogador vê e interage, portanto sua vivência em um jogo que

o agrade melhora sua experiência e faz com que ele se sinta mais conectado ao *game*, mais imerso. Pode-se alcançar esse resultado com uma física realista.

Um ser humano comum possui uma noção de física básica, porém é suficiente para entendimento e conclusões práticas. Então para ser realista e convincente a física de um mundo virtual deve ser como a vemos e não necessariamente mais do que isso, o jogador se convence do realismo quando o que vê assemelha-se ao real (BARTLE, 2004).

O jogador que se depara com o realismo no jogo digital sente-se mais imerso porque o virtual não é muito diferente do real. O conhecimento empírico que possuímos é adquirido através da observação que fazemos do mundo. Quando o jogador vê um fenômeno físico no mundo virtual que se parece real, percebe o jogo como um acontecimento real.

A física nos jogos infelizmente ainda não se iguala com a física da realidade. Hoje em dia as simulações dos efeitos físicos nos jogos digitais estão mais avançadas devido a tecnologia, mas ainda é limitada comparada com a física real. Não se sabe se um dia a física do mundo virtual poderá competir com a física da realidade (BARTLE, 2004).

Mesmo com a capacidade de criar mundos virtuais regrados pela física com um realismo aceitável para convencer os jogadores, espera-se alcançar uma realidade física maior, com capacidade de simular cada evento e fenômeno com maior precisão e assim melhorando os jogos digitais.

De acordo com Bartle (2004), conhecer a física do mundo real nos doa conhecimento para aprimorar a física do mundo virtual dos jogos digitais, aperfeiçoando a experiência final do jogador.

Embora o realismo baseado na física contribua amplamente para o realismo do jogo digital e imersão do jogador, ele não é o único responsável pelo efeito. Podemos citar os desenhos animados como exemplo. Bartle (2004) diz que desde que o enredo, a ficção e o mundo virtual estejam dentro de um mesmo contexto, fará sentido ao jogador e um ambiente assim pode ser tão imersivo quanto um realista.

Um desenho animado possui falhas nas leis da física em seu mundo fictício, como por exemplo um personagem que demora para cair de um precipício. Mas ainda assim consegue capturar a atenção do telespectador por causa dos outros elementos, como a narrativa. Todos os componentes que formam o jogo são responsáveis, juntos, pelo efeito imersivo no jogador. O enredo, os gráficos e todos os componentes do jogo contribuem para um realismo maior quando dentro de um contexto. Se todo esse conjunto estiver fora de uma totalidade não vai parecer real nem causar imersão, só confundirá o jogador.

Como disse Schell (2011, p. 43), todos os elementos têm igual papel em um jogo digital. Ele destaca quatro elementos básicos na composição de um jogo que chama de tétrade elementar: a mecânica: é o que determina o jogo, seus procedimentos e regras; a narrativa: trata-se da história do jogo; a estética: a aparência do jogo, como sons, cores e sensações, o que o jogador vê e ouve; a tecnologia: os meios que tornam o jogo possível. Todos esses componentes fornecem uma experiência final e única ao jogador.

Podemos dizer que o realismo físico é um elemento estético do jogo, pois é o que o jogador vê, ouve e experimenta. Os fenômenos físicos estão no jogo independente da ação do jogador, mas podemos encontrar casos onde a ação desencadeia a aparição de um fenômeno físico, como poderemos observar na análise que se encontra na página 79. A física é o que torna o mundo virtual possível e quando realista contribui para a imersão do jogador, pois é um dos componentes que transforma o virtual em um ambiente quase real.

1.2. Como funciona?

A física é inserida num jogo digital através da programação. Cada fenômeno deve ser pensado e adicionado na simulação. A gravidade, inércia, solidez dos objetos, atrito e outras propriedades precisam ser programados para simularem a física no mundo virtual dos jogos (RABIN, 2012). Isso porque no início da criação do *game* não há objetos, luz, forças físicas ou som. Toda a arte, bem como suas regras e movimentos devem ser criados.

O *game designer* precisa pensar em tudo que irá compor o mundo de seu jogo digital, assim como todos os detalhes que devem ser previamente ponderados, decididos e elaborados para que somente o necessário seja feito. E como diz Bartle (2004) a física deve ser o primeiro elemento a ser considerado.

A física está presente para regrar o mundo criado. Ao simular a física baseando-se na realidade pode-se determinar, por exemplo, o movimento de um objeto, sua velocidade e aceleração de forma realista, desde que a equação empregada no processo de criação seja igual a equação que é usada na física no mundo real (RABIN, 2012, p. 377).

A física realista precisa ser simulada de forma que se pareça visualmente com os fenômenos físicos reais. Para alcançar esse resultado e empregar movimentos e comportamentos realistas nos jogos deve-se simular a física da forma como a conhecemos no mundo a nossa volta. As equações, os valores das unidades e medidas aplicados no jogo devem ser coesos para que o resultado seja compatível com a realidade. Para simular efeitos reais define-se as regras da física na programação do jogo, inserindo comandos e equações. Quando se utiliza uma equação na física deve-se sempre manter o mesmo padrão para as suas grandezas¹, também é assim no mundo virtual dos jogos para alcançar o realismo.

Geralmente usa-se o Sistema Internacional de unidades (SI) para manter as unidades das equações coerentes, pois quando se utiliza diferentes formas de medida em uma mesma fórmula esta irá gerar resultados errados com valores que não condizem com a verdade. Por exemplo, quando deseja-se calcular a força aplicada a um objeto deve-se obedecer a equação e utilizar as medidas em quilogramas para a massa (m) e metros por segundo ao quadrado para a aceleração (a) para se obter o resultado da força em newtons (F) sendo a equação: $F=m.a$ (RABIN, 2012, p. 374).

¹ Propriedades de um fenômeno.

Se alguma das medidas estiver em unidades diferente o resultado será incorreto. Também deve-se usar valores plausíveis para que a equação seja possível e na mesma grandeza para que o resultado seja coerente. Para exemplificar podemos citar uma circunstância de um jogo de esportes sobre corrida de atletas: não é correto afirmar que uma pessoa comum pode correr com uma velocidade de 50 km/h ², a menos que o jogo seja sobre super-heróis, a informação é errada e ficará fora do contexto da realidade.

A implementação da física nos jogos digitais não é simples. Cada objeto possui propriedades e valores que precisam ser configurados para sofrerem uma ação dentro do *game*. Por exemplo, se em um objeto tem a propriedade da massa com um valor alto, significa que ele é pesado. Assim, ao interagir com esse objeto o jogador precisa ter um retorno de um objeto pesado (BARTLE, 2004).

A resposta que o jogador recebe deve ser como o esperado no mundo real para que esta seja realista. Contudo, objetos muito grandes e pesados são mais difíceis de movimentar. Tomemos como exemplo uma situação do jogo *Deus Ex: Human Revolution*, quando o personagem Adam se depara com um objeto pesado, como uma geladeira, ele não consegue movê-la. Somente depois que Adam investe no aumento de sua força física é que ele se torna capaz de movimentar objetos pesados.

Este acontecimento é esperado por uma pessoa no mundo real. A menos que ela seja muito forte não vai conseguir mover uma geladeira sozinha, vai precisar da ajuda de outras pessoas e objetos ou vai buscar meios para se tornar capaz de realizar a tarefa.

² Atualmente o jamaicano Usain Bolt é o homem mais rápido do mundo sendo capaz de correr 200 metros em menos de 10 segundos (GUINNESS WORLD RECORDS, 2012) com o record de 43,9 km/h.

O comando do jogador pode alterar as propriedades de um objeto e causar uma reação baseada na física. Se as propriedades iniciais tiverem valores realistas, a reação causada também será realista, não importa quantas vezes o comando seja realizado pelo jogador (BARTLE, 2004).

Assim, utilizando o mesmo exemplo acima, toda vez que o jogador tentar levantar a mesma geladeira antes de investir na força física do personagem, não vai conseguir movê-la. Após adquirir a força necessária no jogo, ele vai conseguir movimentar qualquer objeto de peso parecido com a geladeira, porém quando se deparar com um de maior peso, fora de sua capacidade, não vai ser capaz de movê-lo, pois sua habilidade de força se encontra no limite estabelecido previamente pelo *game designer*. Buscando assim deixar cada vez mais a física perecida com o mundo real dentro do ambiente virtual construído.

Cada objeto dentro do jogo possui uma propriedade e são diferentes entre si, eles podem ser organizados em grupos como casas, objetos fixos, portáteis, entre outros. No mundo real podemos pegar um desses objetos com certas propriedades e transformá-lo em outro com diferentes características, é fisicamente possível, mas no mundo virtual raramente isso acontece. O que o jogador pode fazer é pegar um objeto no jogo e usá-lo, não pode transformá-lo em outro porque a física por trás desses eventos é muito complexa (BARTLE, 2004).

Adicionar essa possibilidade traz mais imersão ao jogo, mas as probabilidades são indefinidamente altas. Não é possível pensar em todas as possibilidades, pois cada jogador possui uma experiência e vai jogar o jogo a partir de sua perspectiva. Por exemplo, o *designer* do jogo poderia imaginar que desmontando uma escada pode-

se construir um xilofone, enquanto que um jogador poderia pensar em desmontar a escada para montar uma cerca. Como essa probabilidade não foi adicionada no jogo, o jogador não vai encontrar a ação disponível. Esse tipo de acontecimento quebra a imersão e pode deixar o jogador frustrado. Por esse motivo quase nunca se encontra a possibilidade de destruir e construir objetos livremente pelo jogo, é algo que ainda está em desenvolvimento (BARTLE, 2004).

Embora não seja muito freqüente a possibilidade de construir e reconstruir objetos dentro de um *game* está começando a evoluir. Um exemplo é *Minecraft*, um jogo sobre construir mundos, destruir e construir objetos a partir de outros. Está em constante desenvolvimento, a cada atualização novas possibilidades são acrescentadas. Os jogadores têm diversas opções para usar um objeto, podendo construir e reconstruí-lo se quiserem, livremente usando sua criatividade como bem entenderem. Esse jogo fez muito sucesso por dar ao jogador algo que ele aprecia bastante, a liberdade para criar e explorar (LASTOWKA, 2012).

Em *Minecraft* as possibilidades de transformar um objeto em outro estão sempre sendo atualizadas. Ou seja, na versão atual as possibilidades são maiores do que eram na primeira versão, pode-se transformar um maior número de objetos. Ao fazer a transformação o jogador não passa pelo procedimento de construção ou desconstrução, não corta, nem dobra, ou usa sua força para modificar os itens, o procedimento é omitido. O que o jogador precisa fazer é acionar um comando e o item imediatamente se transforma, se ele escolher fazer uma escada, aparece pronto como escada ou se transforma novamente em gravetos.

1.2.1. Motor de jogo

O motor de jogo é um programa de computador que facilita a criação de um jogo digital. Ele é um conjunto de códigos programados que servem de suporte para o jogo funcionar, trata-se da lógica por detrás do jogo. É nesse programa que as regras do game são definidas e toda a lógica do jogo digital é criada (RABIN, 2012, p. 166).

O profissional de jogos digitais monta o *game* dentro do motor de jogo. Coloca os objetos e personagens em seus devidos lugares e define suas propriedades. O programa possui um conjunto de códigos que ajuda o *game designer* a preparar o jogo.

De acordo com André Santee (2013), desenvolvedor de *games* na empresa *Asantee Games*, os motores de jogos, ou *game engines*, são ferramentas que contribuem na criação de um jogo. São *softwares* que possuem diversos códigos de programação em nível simplificados, para que o usuário apenas atribua o código, já pronto, na criação de seu jogo.

O motor de jogo pode ser considerado o cérebro do *game* porque controla e é responsável por tudo que acontece dentro do jogo, é uma biblioteca que gerencia o processamento e os dados no *game*. Como possuem recursos comuns que se encaixam na maioria dos jogos, os motores de jogo permitem que essas ferramentas sejam reutilizadas em novas criações (LEMES, 2009, p. 117).

Com motores de jogo economiza-se tempo e trabalho, pois reutiliza-se os códigos de programação já prontos. Alguns profissionais de jogos e empresas preferem criar seu próprio motor com propriedades específicas ou que melhor se encaixam em seu *game*, programando somente o que vai ser utilizado no jogo.

Elaborar um motor de jogo desde o início fazendo toda a programação que irá controla-lo é um processo demorado e dispendioso. Os profissionais da área preferem reutilizar os códigos já prontos para evitar trabalho, poupar tempo e dinheiro, geralmente usa-se os motores de jogos já prontos disponibilizados por empresas de terceiros. Assim os profissionais não precisam criar toda a programação do motor de jogo, somente, quando necessário, fazer alguns ajustes ou adicionar alguns detalhes para o *game* (RABIN, 2012).

As empresas que disponibilizam softwares dessa natureza também dispõem apoio para o usuário, uma vez que nem sempre a utilização do programa é intuitiva. Os motores de jogos possuem interfaces diferentes, mas geralmente todas possuem ferramentas básicas em comum.

O motor de jogos possui ferramentas que facilitam a manipulação de dados na criação do jogo digital favorecendo a criação de conteúdo, assim com um editor de partículas, que é uma ferramenta que simplifica a inclusão e configuração de partículas no jogo, também editores de som, de material de objetos, entre outros (RABIN, 2012, p. 167).

A aplicação de informação na cena ou objetos do jogo de maneira simples é permitida pelas ferramentas do motor de jogo nas quais as propriedades podem ser ajustadas

de acordo com as necessidades do *game designer*. A simplificação é dada tanto pela economia de tempo quanto de dinheiro evitando desgastes.

Hoje em dia os jogos digitais são mais complexos e possuem tarefas cada vez mais específicas, para atender esse processo a programação é cada vez mais extensa e detalhada. Assim utilizar um motor de jogo pronto ao invés de criar um vem sendo a opção mais escolhida dos *designers* de game na hora de criar um jogo (SANTEE, 2013).

Alguns exemplos de motores de jogo disponibilizados são: *Unreal*, *Unity*, *Torque game engine*, *CryEngine*, *Creation Engine*. Estes são programas de terceiros com ferramentas e funções pré-programadas. As empresas responsáveis por esses motores de jogos disponibilizam uma documentação e orientação na *internet* para os usuários dos programas.

Basicamente um motor de jogo é dividido em motor gráfico e motor de física. O primeiro é responsável pela composição das imagens do jogo no monitor (RABIN, 2012). O segundo item é um conjunto de códigos que controla o comportamento dos objetos para que eles atuem de acordo com as leis da Física.

1.2.2. Motor de física

O motor de física é uma biblioteca de cálculos físicos. No começo da história dos jogos, onde o poder de processamento era baixo, a física era simulada de maneira simples. Com o passar do tempo a física foi ficando mais complexa e então a simulação programada foi separada em bibliotecas para poderem ser reutilizadas em outros jogos surgindo assim os motores de física (SANCHES, 2011, p. 394)

Os mundos virtuais de hoje podem ser acessados a partir de computadores com melhores recursos do que os do passado e supõe-se que por esse motivo a física nos jogos também deveria ser mais evoluída. Porém, nos jogos digitais, a física não precisa ser realista em todos os contextos, mas sim no essencial. Deve ser real o suficiente para satisfazer aos jogadores (BARTLE, 2004).

Os motores de física possuem um conjunto de códigos que simulam os efeitos principais e básicos do mundo real, o que adquirimos através de nossa experiência vivida. Bartle (2004) nos diz que essa física é chamada *naïve* e é suficiente para quase todos os propósitos práticos que o ser humano enfrenta dia-a-dia.

Existem motores de física para jogos 3D e para jogos 2D. Os motores comerciais mais conhecidos e usados são o *PhysX* da empresa *NVIDIA* e o *Havok Physics* da empresa *Havok*. Existem também motores de código aberto e gratuitos como o *Bullet*, e o *Box 2D*. Além de diversos outros. Esses motores que são mais conhecidos e utilizados possuem uma boa documentação orientando o usuário sobre como utilizar o programa

além de fóruns *online*³ bem movimentados com discussão de diversas situações e solução de problemas desenvolvidos por outros usuários (RABIN, 2012, p. 395).

Os fóruns são um meio de comunicação onde as discussões são separadas e direcionadas a um determinado assunto. O desenvolvedor de jogos pode encontrar respostas para suas dúvidas observando como um outro usuário resolveu um problema parecido ou igual ao seu, ainda como modificou uma simulação para que parecesse mais ou menos realista, pois as situações no jogo dependem do que o *game designer* deseja e nem sempre ele encontra os efeitos prontos no motor de física, precisa modificar ou acrescentar.

A maioria das simulações físicas que acontecem nos jogos atualmente é proporcionada pelos motores de física e acontecem em tempo real. O uso desses softwares gera uma diminuição no custo de fabricação do jogo digital, pois não será necessário programar toda a física envolvida e não será necessário produzir a animação dos objetos, sendo necessário apenas configurar o objeto no jogo e deixar que o motor de física simule os acontecimentos. Além de poupar gastos e tempo os softwares proporcionam um *game* com movimentos mais realistas (RABIN, 2012, p. 373).

Os efeitos físicos podem ser modificados de acordo com o que o *game designer* deseja. Através das ferramentas ele pode alterar valores para que os resultados se ajustem ao seu jogo. As ferramentas facilitam e simplificam o processo de criação de

³ Local onde usuários da *internet* mandam mensagens uns aos outros sobre um assunto específico determinado pela comunidade de usuários.

um jogo digital visto que proporcionam uma economia no orçamento e prazo de desenvolvimento do jogo.

Construir um motor de física é trabalhoso e leva tempo. Atualmente os desenvolvedores de jogos digitais preferem adotar motores de física *middleware*, que são motores já desenvolvidos com suporte a diversos efeitos físicos, assim o desenvolvedor adiciona a biblioteca já pronta de simulações físicas ao seu jogo sem precisar programar tudo de novo (RABIN, 2012).

Quando um jogo é feito sem que o programador aproveite algum material externo como uma biblioteca de programação por exemplo, leva-se muito tempo para criar e organizar as regras do mundo virtual que será idealizado. É comum os profissionais utilizarem códigos já prontos de outros profissionais ou reutilizarem os criados por eles próprios. Atualmente a maioria dos jogos é criado em motores de jogos, softwares com uma biblioteca de programação pronta para os efeitos do jogo. Cabe ao profissional de jogos organizar os objetos do jogo dentro desse mundo virtual pré-definido.

Um motor de física trabalha com objetos estáticos e cinemáticos. O primeiro aborda itens como o terreno do jogo, outros objetos se movem e colidem com ele, mas o terreno em si é imóvel. Já o segundo trata de objetos que se movem, mas não participam de simulações físicas, não deixam de ser efeitos físicos, no entanto, são animados e não ocorrem em tempo real (RABIN, 2012, p. 395).

Os efeitos físicos ocorrem em tempo real no jogo. São pré-definidos, mas alguns só ocorrem a partir da ação do jogador. Para que a física atue no jogo os personagens e

objetos precisam conter um corpo gráfico, visível ao jogador, e um corpo mecânico, invisível ao jogador e que permite que efeitos físicos ocorram quando os objetos colidem uns com os outros. São os corpos sólidos. No item abaixo apresentamos as definições e utilizações desses corpos dentro dos jogos digitais que são usados em objetos. Também apresentamos como funciona a física de personagens, fluídos e opções de interação do personagem com o mundo virtual, como a destruição de objetos.

1.2.2.1. Colisão, corpos rígidos e flexíveis e restrições

A maioria dos objetos nos jogos digitais são corpos rígidos, estes são o corpo sólido do objeto e está relacionado com a Física Mecânica⁴. O corpo rígido carrega as propriedades do objeto ao qual está conectado como massa e posição no cenário (SANCHES, 2011).

Dentro do jogo um cubo pode pesar 10 gramas e ter o mesmo tamanho de outro cubo de 1 quilo. São as propriedades que definem o objeto e como será a sua interação com o ambiente ou com outros objetos dentro do *game*.

As propriedades dos objetos são acrescentadas através do corpo rígido. Estes definem objetos que possuem propriedades que se assemelham aos corpos sólidos da Física. Por exemplo, objetos que não sofrem deformação, que possuem massa e

⁴ A Física Mecânica estuda o movimento dos corpos.

uma posição determinada no cenário do jogo, todas essas informações ficam ligadas ao objeto virtual através do corpo rígido, é nele que as propriedades do objeto são determinadas pelo profissional que está criando o jogo (SANCHES, 2011).

A definição de corpo rígido dentro do motor de física é dada a objetos que não se deformam. Por exemplo, uma caixa de madeira, um carro ou uma casa. Eles não se deformam quando colidem, podem se quebrar ou amassar, mas possuem uma forma definida, são rígidos. Existem outros tipos de corpos dentro da física nos jogos que serão comentados posteriormente.

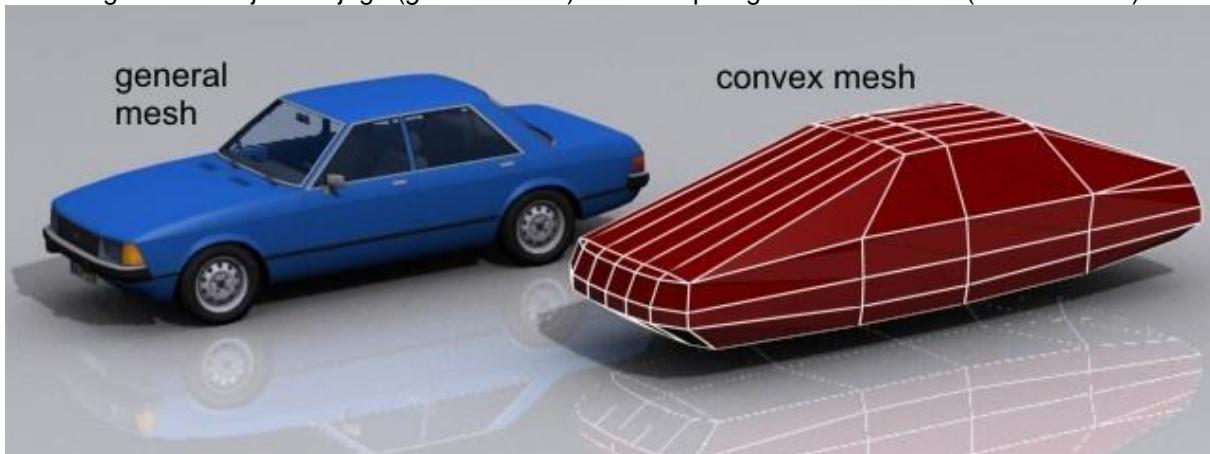
O corpo rígido é muito utilizado para proporcionar uma simulação física mais realista. A maior parte dos objetos no mundo real se comportam como corpos rígidos, portanto uma falha nessa estrutura dentro do jogo fará com que ele não pareça real. É essencial que os corpos rígidos se comportem de maneira correta, pois quando os jogadores se deparam com defeitos com esse comportamento julgam a qualidade de todo o jogo (RABIN, 2012, p. 396).

Acontecimentos desse tipo quebram a imersão e fazem com que o jogador se frustrre. Assim, os corpos rígidos precisam ter a mesma forma ou uma muito parecida com o corpo gráfico visível do objeto para que funcionem corretamente.

A colisão entre objetos é determinada pelo formato desse corpo rígido. Ele nem sempre possui a mesma forma do objeto, porém deve ser aproximada o máximo possível. As formas mais simples são esferas, caixas e cilindros. Se o objeto for mais complexo utiliza-se uma forma também mais complexa e mais parecida com o elemento ou então usa-se um corpo rígido utilizando mais de uma forma simples, que

são chamadas de formas compostas. Deve-se sempre levar em conta o custo de processamento da colisão dos objetos, se puder utilizar um corpo rígido com uma forma mais simples é melhor para economizar processamento (SANCHES, 2011).

Figura 1: O objeto do jogo (*general mesh*) e seu corpo rígido em vermelho (*convex mesh*)



Fonte: <http://www.pontov.com.br/site/arquitetura/54-matematica-e-fisica/246-introducao-a-fisica-nos-jogos>

Na figura acima podemos ver o objeto gráfico do jogo a esquerda e seu corpo rígido a direita. O corpo rígido é uma forma que tem propriedades e está conectado ao objeto do jogo, mas não é visível ao jogador. Por exemplo, a imagem acima mostra um carro em 3D, seu corpo rígido, em vermelho, tem uma forma parecida com o objeto apenas pra envolver-lo e permitir que a simulação de uma colisão seja mais realista. Se o objeto fosse uma bola o melhor corpo rígido para ela seria em forma de esfera. Já uma casa simples que faz parte do cenário e que permanece estática sem qualquer interação com o jogador pode ter o corpo rígido na forma de um retângulo, pois seus detalhes não vão interferir no andamento do jogo.

Na criação do game cada objeto criado é conectado a um corpo rígido que contém suas propriedades, estas são as informações que o fazem parecer real como o peso e também sua localização no cenário. A partir dessas propriedades o motor de física calcula as reações de quando objetos colidem.

Uma colisão no motor de jogos, é quando um objeto encosta no outro podendo ser de maneira brusca, como uma batida forte de um carro com um poste, ou de maneira suave, assim como o esbarrão acidental de um personagem com outro. O fato importante na colisão é que ela acontece quando objetos se chocam.

O momento da colisão de objetos ocorre em um período curto de tempo, é comum a velocidade desses itens mudar drasticamente. Quando a força na colisão for grande então a mudança da velocidade também será. Isso acontece porque a energia de um objeto é transferida para o outro no momento da colisão e dependendo do material do objeto perde-se pouca ou muita energia, fato que interfere na mudança da velocidade dos objetos (RABIN, 2012).

É dessa mesma forma que acontece na realidade, ou seja, o tipo de material e sua forma intervém na transferência de energia entre os objetos. A colisão também pode acontecer com um objeto estático, neste caso somente um dos corpos sofre alterações com a colisão

Existe o corpo rígido que se move quando sofre uma colisão com outro objeto e existe o corpo rígido estático, que não se move e mantém-se sempre fixo ao cenário do jogo, como uma casa ou uma árvore, por exemplo (SANCHES, 2011).

O resultado da colisão é calculado para determinar as novas propriedades dos objetos de acordo com sua posição, velocidade e direção antes de colidirem. A colisão pode desencadear algumas consequências como a destruição ou dano nas propriedades ou no próprio objeto, até mesmo efeitos sonoros podem surgir como resultado da colisão (RABIN, 2012).

Se observarmos um jogo de tiro em primeira pessoa veremos que quando um personagem é atingido por um projétil⁵ a sua quantidade de vida irá diminuir; se for um jogo de corrida e um carro colidir com um poste, ele poderá ficar amassado, explodir ou capotar desencadeando efeitos sonoros para engrandecer a catástrofe. Esses efeitos posteriores podem ser programados cinematicamente ou são calculados pelo motor de física.

Um dos defeitos que se pode observar quanto a colisão de objetos é quando um corpo rígido invade o outro, fazendo os objetos se agregarem por alguns instantes. Isso pode acontecer por falha no motor de física ou pela má escolha do corpo rígido. Por exemplo, se um cubo tiver o corpo rígido no formato de uma esfera suas pontas não irão sofrer nenhuma colisão, assim quando se chocar com outro objeto as pontas do cubo irão entrar nele. Os jogadores dão muita importância quando se deparam com essa condição, pois é um evento que não se parece com a realidade e quebra a imersão.

É mais evidente perceber a falha na colisão em uma simulação de uma pilha de objetos de corpo rígido que interagem entre si, sendo eles quais forem. Rabin (2012, p. 396) diz que para simular uma pilha de objetos que interagissem de forma realista

⁵ O encontro de quaisquer objetos é uma colisão.

costumava ser uma dificuldade nos motores de física da primeira geração. Atualmente esse efeito é prontamente alcançado e proporciona grande realismo nos jogos.

Embora exija maior poder de processamento para ser executado, o realismo proporcionado é elevado. No momento em que o jogador interage com os objetos e recebe um resultado semelhante à colisão da realidade física, ele fica mais mergulhado no jogo.

A interação entre os objetos é determinada pelos corpos rígidos que os envolvem. Estes indicam os pontos em que os objetos se encontraram, podendo ter formas simples ou mais complexas (PERES e PAGLIOSA, 2010). Quando as formas são mais completas a colisão ocorre de forma mais realista, porque o corpo rígido vai possuir um contorno muito parecido com o objeto, porém os cálculos necessários serão maiores.

Os profissionais da área de jogos sempre buscam otimizar o quanto podem para que a quantidade e a qualidade permaneçam em equilíbrio. A qualidade do processo só é ressaltada em pontos de maior impacto e importância para o jogo, onde o jogador terá maior contato. (CLUA e BITTENCOURT, 2005) diz que os profissionais de jogos sempre buscam otimizar também na modelagem para que mais objetos possam ser postos na cena, assim obterá um cenário mais extenso.

Além do corpo rígido, que não se deforma quando sofre uma colisão, os motores de física possuem o corpo flexível para ser aplicado a objetos dinâmicos que possuem uma geometria que se deforma de acordo com o formato do objeto com que colide (RABIN, 2012, p. 396).

A flexibilidade no comportamento de objetos é um efeito que traz realismo ao movimento físico mecânico dentro do jogo digital, porém objetos com corpo flexível são menos usados por precisarem de mais processamento para acontecer e isso geralmente causa maior lentidão nos jogos.

Corpos flexíveis são diferentes dos corpos rígidos porque eles deformam os objetos quando interagem com outros itens. Uma bola de basquete vazia nos serve como exemplo de corpo flexível. Se ela for solta do alto em uma quadra plana irá mudar sua forma quando atingir o chão, se estiver murcha e cair por uma escada terá sua geometria alterada enquanto rola pelos degraus se deformando e se adaptando ao solo em que se encontra (RABIN, 2012, p. 397).

Certas vezes o corpo rígido não representa com precisão as características de um objeto, então usa-se os corpos flexíveis. Eles permitem maior fidelidade ao movimento possibilitando a flexibilidade e elasticidade do objeto (SIEMENS). Esse método de simulação virtual não é só utilizada em jogos. Como o corpo flexível é uma simulação de uma condição real, engenheiros utilizam para simular o desempenho de produtos diversos.

Os corpos flexíveis dão ao jogo um aspecto mais realista que agrada os jogadores. A geometria desses corpos se altera de acordo com sua interação com outros objetos ou forças externas, como o vento ou chuva. Conforme os objetos se deformam deve-se observar se ele não interpenetra em outros objetos ou consigo mesmo para que o aspecto visual seja realista (RABIN, 2012, p. 396).

Quando o jogador observa um defeito na colisão dos objetos, como um objeto atravessando outro, costuma julgar toda a qualidade do jogo, sendo importantíssimo contudo, evitar problemas relacionados à colisão. Além disso, quando a simulação é bem colocada deixa o jogo mais realista e agradável ao jogador.

Tecidos e cabelos dos personagens são outros exemplos de corpo flexível. É possível até simular um tecido rasgado, cordas, grama se movimentando com o vento, todos esses efeitos podem ser obtidos utilizando o corpo flexível que o motor de física oferece (RABIN, 2012, p. 397).

Corpos flexíveis vêm sendo cada vez mais usados nos jogos hoje em dia, devido os *hardwares* serem mais potentes. É possível simular o tecido com o corpo flexível por exemplo, e o processo acontece da seguinte forma: o objeto é modelado por uma malha que é composta de pontos ligados por molas. A força das molas define a flexibilidade do objeto, modelando-o (WERTH, 2008). O profissional da área de jogos define a força que será exercida pelas molas ou escolhe a opção que lhe convém nas ferramentas do motor de física e desta forma pode simular diversos tecidos como a seda, couro, algodão, etc.

Embora traga um aspecto realista superior, utilizar corpo flexível para a simulação de um fenômeno físico exige maior poder de processamento, mesmo que hoje em dia a capacidade dos *hardwares* seja mais evoluída, ainda há limitações. Para contornar esse fato que pode chegar a ser um problema é comum os profissionais de jogo usarem o corpo rígido com juntas para que o efeito físico fique parecido com a realidade.

As juntas conectam corpos rígidos e permite o movimento de um corpo em relação ao outro, porém o movimento é restrito (FARIAS, KELNER, *et al.*, 2007). O profissional de jogos escolhe a restrição mais adequada para simular o efeito desejado.

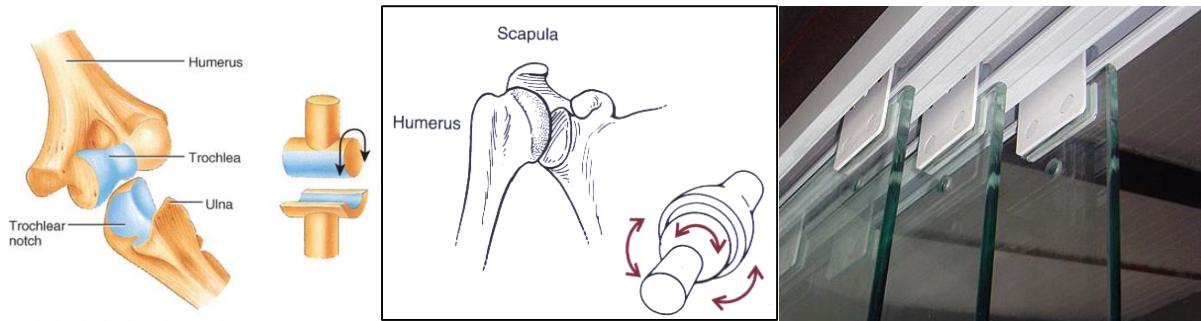
Existem alguns tipos de restrições e elas são conhecidas geralmente pelo seu nome em inglês. As principais restrições são as articulações (*hinge joint*), as articulações em formato de bola (*ball joint*) e as articulações deslizantes (*sliding joint*) (RABIN, 2012, p. 398).

A *hinge joint* é utilizada para representar dobradiças e os objetos conectados funcionam da mesma forma que uma porta conectada a uma parede. A *ball joint* consente mais liberdade de movimento, permite que os objetos girem, limitada ou livremente, ao redor de qualquer um dos três eixos (FARIAS, KELNER, *et al.*, 2007).

A *sliding joint* permite que o corpo se move deslizando sobre um eixo como pode-se notar em portas de correr. Pode-se criar uma variedade de objetos articulados como veículos e robôs com esse tipo de junta (RABIN, 2012, p. 398).

Para exemplificar podemos comparar a *hinge joint* ao cotovelo humano, ele conecta o braço e o antebraço permitindo que este se movimente, limitadamente para frente e para trás. No jogo, o *designer* também pode impor limites a articulação permitindo que o objeto gire somente até determinado ângulo. A *ball joint* é como o braço conectado ao ombro, pode girar para frente, para trás e para os lados em qualquer eixo dentro de seu limite. A *sliding joint* é como o movimento de uma porta de correr que desliza sobre trilhos. Veja os exemplos nas figuras abaixo.

Figura 2: Da esquerda para direita: *Hinge joint, ball joint, sliding joint.*



Fontes:https://classconnection.s3.amazonaws.com/704/flashcards/586704/png/hinge_joint1309286875694.png; <http://ovrt.nist.gov/projects/vrml/h-anim/joint1C.gif>; http://www.atlanticbox.com.br/site/wp-content/gallery/portas_de_correr_stanley/vidro-temperado-8.jpg;

As restrições também podem ser usadas com corpos flexíveis. Por exemplo, pode-se restringir a parte de cima de uma saia para simular que o tecido está preso à personagem enquanto o resto da saia ainda se comporta como corpo flexível. O mesmo funciona quando deseja-se prender uma bandeira a um poste, restringe-se a borda lateral do tecido para simular que esteja preso enquanto o resto do objeto se comporta como corpo flexível simulando o tecido pendurado (RABIN, 2012).

1.2.2.2. A física dos personagens

Os personagens possuem articulações específicas para simularem um movimento mais realista chamado *ragdoll*. Esta é a simulação das articulações físicas, um

conjunto de corpos rígidos organizados e com articulações devidamente restrinidas (BROWN, 2009).

Ragdoll vem do inglês e significa boneca de pano. Isso porque ao simular o cair do personagem, quando ele morre ou desmaia, o corpo se comporta de maneira realista, sem levar em consideração a resistência causada pelos músculos, como uma boneca de pano.

Atualmente os motores de física suportam uma simulação mais realista para os movimentos dos personagens. O *ragdoll* não é mais só utilizado para simular a morte dos personagens ele está inserido nos movimentos do personagem durante o jogo também.

Essa simulação mistura animação com a reação física do personagem através do *ragdoll*. Por exemplo, se o personagem for atingido por uma bola de neve no ombro esquerdo o motor de física irá fazer os cálculos de acordo com a velocidade da bola e o local atingido causando uma reação em tempo real no personagem. Se o personagem for atingido no ombro direito o motor de física fará outro cálculo resultando em uma reação diferente e única (RABIN, 2012, p. 399).

1.2.2.3. A física dos fluídos

Além do movimento de objetos os motores de física ainda são capazes de simular a dinâmica de fluídos com bastante realismo. Os fluídos podem ser líquidos ou gasosos como a água, o vapor e as nuvens (RABIN, 2012, p. 399).

Os lagos e rios, por exemplo, quando simulados nos jogos digitais geralmente não possuem interação realista com os personagens. Eles parecem visualmente com a realidade, entretanto não se comportam como reais.

Para obter um ambiente mais imersivo deve-se buscar uma colisão entre fluídos e objetos mais realista. Para alcançar esse comportamento é necessário considerar as forças Físicas que atuam nessa interação (JUNIOR, JOSELLI, et al., 2012)

A simulação da dinâmica de fluídos é simulada com partículas e tem uma interação abrangente com outros objetos e com o ambiente em que está, embora exija mais desempenho para ser processado. Alguns motores de física são capazes de simular fluídos que tenham interatividade com todos os corpos físicos, sendo estáticos ou cinemáticos. (RABIN, 2012, p. 399)

Os fluídos simulados como partículas fazem com que o ambiente virtual seja mais imersivo por interagirem de forma mais realista com objetos, porém necessitam de *hardware* mais potente.

1.2.2.4. Destrução de objetos

É recente a capacidade dos motores de física suportarem a destruição de objetos da cena sem que estes fossem previamente eleitos e edificados para serem destruídos. A capacidade de interagir e destruir o universo do jogo dá ao jogador uma jogabilidade mais interessante sem exigir muito trabalho artístico para produzir esses objetos, pois é o próprio motor de física que faz os cálculos e destrói o objeto da forma mais realista possível (RABIN, 2012, p. 400).

Para conseguir obter o resultado de destruição de objeto, este era previamente configurado pelo game designer, eram dois objetos, um inteiro e outro quebrado. Atualmente a técnica exige menos do profissional e mais do motor de física.

A técnica mais conhecida de destruição de objetos é conhecida como *prefracture*, o motor de física divide o objeto automaticamente em uma coleção de pequenos objetos pré-processados e unidos por articulações. Quando uma força superior àquela determinada nas propriedades do objeto for exercida, ele se quebra (RABIN, 2012, p. 400).

Imagine um vaso dentro de um jogo digital que se quebra quando o jogador o derruba no chão. Este vaso é um objeto que possui a qualidade do *prefracture* em suas propriedades. O vaso quebra porque a força de impacto é superior ao limite pré-selecionado, esta força é o gatilho que estimula o motor de física a desmontar o objeto em pedaços, destruindo-o.

Alguns motores de física como o *Digital Molecular Matter* fazem a destruição do objeto em tempo real. Os efeitos de física são superiores mostrando mais realismo. O *Digital Molecular Matter* foi criado para concepção de produtos como carros e aviões e também utilizado para efeitos especiais dos filmes de Hollywood, pois a execução em tempo real de seus efeitos de física precisam de muito processamento (RABIN, 2012, p. 400).

Atualmente os computadores e consoles⁶ possuem esse poder de processar alguns efeitos em tempo real, mas ainda não são tão potentes como os *hardwares*⁷ específicos para esses efeitos como citado acima (RABIN, 2012, p. 400).

1.3. Percepção

Os fenômenos físicos são inseridos no jogo através dos processos descritos acima. Entretanto os jogadores possuem perspectivas diferentes, pois cada ser humano possui sua experiência de vivência, que é única. Da mesma forma que se vê o mundo se vê o jogo, cada um sob seu próprio ponto de vista.

As pessoas percebem o mundo a sua volta de forma diferente umas das outras. Cada experiência vivida é interpretada de maneira diferente, o que nos torna singulares.

⁶ Hardwares caseiros que normalmente precisam ser conectados a uma televisão.

⁷ Peças físicas do computador ou console de videogame.

Assim, cada jogador também percebe o jogo a sua maneira (SCHUYTEMA, 2011, p. 184).

Nossa experiência não pode ser compartilhada com outros. Mesmo que duas pessoas joguem o mesmo jogo ao mesmo tempo, a percepção não será a mesma porque cada uma possui experiências de vida diferente.

Características como tempo, espaço, visão e audição interferem na forma de jogar. Mesmo passagem do tempo afeta a jogabilidade (NOVAK, 2010). O fenômeno físico que o jogador vê é um fator que intervém na maneira de jogar.

O movimento visual é outro elemento que o jogador absorve com mais intensidade por ser mais evidente. Mesmo que ele não esteja atento, consegue percebê-los na tela, pois a mente humana é preparada para dar mais atenção a eles (SCHUYTEMA, 2011, p. 186). Movimentos realistas tornam o jogo imersivo e atraente ao jogador.

O som e a luz são também fenômenos físicos e alteram a forma que o jogador pode ver o jogo. Um ambiente escuro e perturbador causa emoções diferentes de ambientes abertos e pacíficos. Nos próximos itens esclarecemos a importância desses elementos nos jogos.

1.3.1. Som

O som é um elemento que está em contato direto conosco no dia-a-dia, dificilmente nos encontraremos em um ambiente completamente silenciado. Ele é um elemento que aproxima o jogador e o jogo contribuindo para o processo de imersão. Como pudemos observar, a física no mundo virtual é como no mundo real, assim sendo o som não pode ser ignorado, ele é tão importante quanto qualquer outro elemento físico, pois também é responsável pelo clima⁸ do jogo, causando emoções no jogador.

O som de um jogo também faz parte da física. No mundo real o som se propaga em ondas esféricas e em 3 dimensões. Só se pode ouvir o som que o objeto emite se tivermos um meio para que ele se propague. Quanto mais nos afastamos do ponto central que está emitindo o som, mais fraco ele fica e quanto mais perto do ponto central, mais forte é o som (HALLIDAY, 2011).

No mundo real escutamos com maior nitidez quando próximos do objeto que emite som, como um rádio por exemplo, com um volume definido. Ao nos afastarmos do rádio o som ficará mais baixo até chegar um momento que não mais ouviremos seu som, mas ao nos aproximarmos dele o som se intensifica. Assim deve ser nos jogos digitais.

⁸ Clima no sentido de sensações e sentimentos e não de temperatura.

O som possui amplitudes e frequências, pode ser alto ou baixo. Quando refletido causa o eco e quando muda de ambiente, do ar para a água, por exemplo, suas propriedades se alteram (HALLIDAY, 2011).

A velocidade com que os sons viajam são diferentes em meios distintos. É mais rápido na água do que no ar, por exemplo, e também são diferentes por causa de suas amplitudes, frequências e intensidade. O *game designer* utiliza esse elemento a seu favor no jogo para deixar o jogador mais imerso e atento no jogo.

O som ambiente tem papel importante no controle da atmosfera do *game*, deixando o jogador mais atento, assustado ou relaxado. Também é útil para dar indicações ao jogador orientando-o através do jogo. O som é extremamente importante para a imersão do jogador e é mais facilmente reproduzido no computador (NOVAK, 2010, p. 272).

O som ambiente causa grande impacto no jogador, ele pode não notar o som que toca ao fundo, mas notaria sua ausência, pois na vida real escutamos sons e barulhos o tempo todo. Uma atmosfera realista exige um som ambiente para contribuir na imersão e deixar o jogador mais conectado ao jogo (NOVAK, 2010, p. 277).

Os pequenos detalhes do som ambiente enriquecem o jogo. Se o jogador estiver andando com seu personagem em um campo durante a noite o barulho de grilos cincilando ajuda a deixar o ambiente real. Mesmo não estando totalmente consciente do som dos grilos, o jogador sentiria falta se eles não estivessem lá (SCHUYTEMA, 2011, p. 184).

Dificilmente nos encontramos em locais totalmente quietos. Por mais silencioso que seja o local sempre há algum tipo de som que chega até nossos ouvidos, por esse motivo que o som causa tanto impacto no jogador. Além de simular uma atmosfera realista o som provoca sensações no jogador.

O som orienta o jogador. Em um jogo de corrida, por exemplo, o barulho do motor indica se o jogador precisa trocar de marcha, enquanto que em um *game* de terror o jogador saberá que está próximo a um confronto com um inimigo quando escutar passos vindo em sua direção ou barulhos vindos de uma sala próxima. (NOVAK, 2010, p. 277).

O jogador associa os sons no jogo. Em *Dead Space* a música ambiente se intensifica quando um confronto com inimigos está próximo, quando percebe essa mudança o jogador fica preparado, quando nota que a música se acalmou o jogador fica relaxado. O efeito sonoro, que é uma reação de algo que acontece dentro do jogo, indica se algum objeto caiu, alguma porta se abriu ou em qual direção o jogador deve ir para se deparar com a fonte do som. Novak (2010, p. 272) diz que todos os efeitos sonoros contribuem para a imersão do jogador,

Schuytema (2011, p. 184) também concorda que o som é um dos elementos que interferem e trazem imersão para o jogador, pois ele transmite informações sobre o jogo e desencadeia emoções no jogador. Sozinho o som não é capaz de transmitir todas as informações ao jogador mas é uma excelente ferramenta de apoio.

Os efeitos sonoros ajudam a deixar o ambiente do jogo mais imersivo. Isso acontece por que sons realistas fazem o mundo virtual parecer mais autêntico, além de provocar

sentimentos e emoções no jogador (SCHUYTEMA, 2011, p. 184). O som realista é uma forma de o jogador sentir que o mundo virtual funciona da maneira correta.

1.3.2. Luz

A luz também é física e é um importante componente que contribui para o realismo baseado dos *games*. Schuytema (2011) diz que enquanto o som e a música são elementos ativos que chamam a atenção do jogador, a luz e as cores do jogo são passivas, pois são informações visuais na tela.

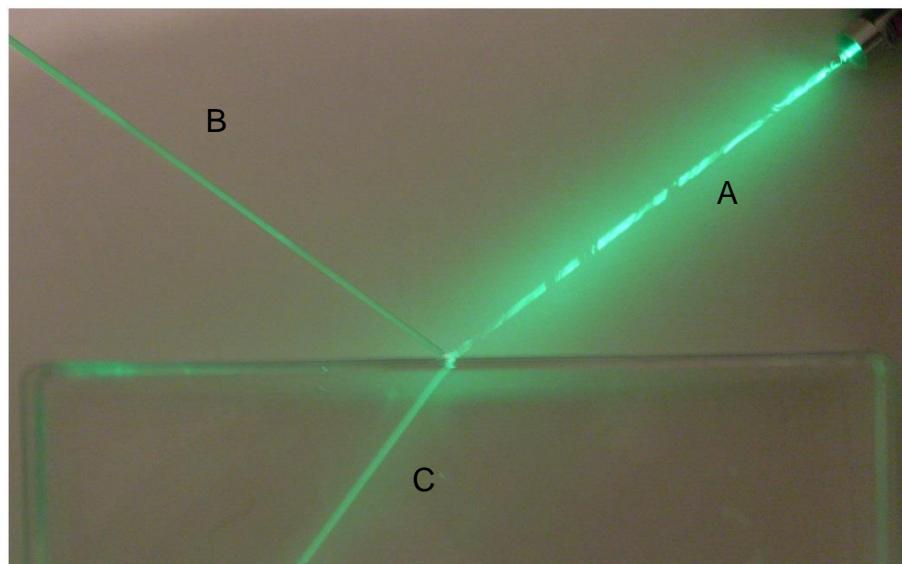
Como na realidade, a luz segue alguns padrões e regras no jogo para parecer real, por esse motivo é importante que o *game designer* analise seu comportamento para melhor utilizá-lo dentro do *game*.

A luz, como o som, também se propaga em ondas, ela sofre algumas alterações de acordo com o meio em que se encontra. Ela é uma onda eletromagnética que não precisa de um meio material para se propagar, é por esse motivo que conseguimos ver as estrelas, por exemplo, que se encontram muito distantes da Terra separadas por um grande espaço vazio conhecido como vácuo⁹. Quanto mais distante, mais fraca é a luz aos nossos olhos (HALLIDAY, 2010).

⁹ Ausência de matéria.

Quando se depara com superfícies a luz se reflete. Se for um material sólido a luz é refletida totalmente, quando o material é translúcido parte dela é refletida e a outra parte atravessa a superfície do material e se depara com um meio diferente do qual se encontrava, do ar para a água por exemplo, e sofre então uma alteração em sua direção, chamada de refração (HALLIDAY, 2010).

Figura 3: Raio de luz sendo refletido e refratado



Fonte: http://dc350.4shared.com/doc/B-86N2ez/preview_html_333d407c.jpg

Veja a figura acima como exemplo. Quando o raio de luz (A) atinge o acrílico, parte da luz do laser é refletida (B) e o restante penetra no acrílico sofrendo alteração em sua direção (C). Esse efeito é chamado de refração e acontece sempre que a luz passa de um meio para outro com índice de refração diferente, como do ar para o acrílico ou do ar para a água.

Esse é um detalhe com o qual nos deparamos dia-a-dia e fazem parte da noção de física básica que temos, a parte visual do fenômeno físico. É esse o conhecimento que adquirimos ao longo da vida e que faz toda a diferença no jogo digital, permitindo que ele se pareça mais real e correto sob o olhar dos jogadores.

Nos jogos digitais alguns efeitos físicos, como o exemplo de refração acima, podem ser pré-elaborados enquanto outros acontecem em tempo real. O *designer de game* precisa equilibrar a forma de apresentação dos efeitos físicos para que o jogo não exija muito processamento.

A iluminação é um processo que calcula a direção e quantidade de luz emitida dentro do jogo digital e como ela é absorvida e reemitida pelas superfícies até chegar aos olhos do jogador. O renderizador dentro do motor de jogo é o responsável por esse processo, ele só calcula o que chega aos olhos do jogador, o que está fora desse campo não é processado (RABIN, 2012, p. 433).

Nos jogos digitais busca-se o realismo economizando processamento, assim não será preciso usar uma máquina muito potente para jogar o *game*, dessa forma o público alvo será mais amplo e mais jogadores poderão chegar até o jogo. Uma iluminação desse tipo é mais eficiente.

No jogo somente o que está na frente da câmera, o que o jogador vê é o que está sendo iluminado. Existem alguns diferentes tipos de iluminação em tempo real nos jogos e quanto mais realidade se busca, mais processamento é necessário (RABIN, 2012, p. 434).

Na criação dos jogos digitais busca-se o realismo mas também busca-se economizar o processamento. O menos importante é sacrificado para dar lugar ao mais importante, dessa forma pode-se alcançar um realismo aceitável para o jogador e a velocidade de processamento não é comprometida.

A luz pode ser calculada através do processo chamado rastreamento posterior (*forward tracing*) o renderizador rastreia a luz emitida e calcula seu caminho através do ambiente até chegar ao olho do jogador, a luz que não atinge o olho é ignorada. É um processo muito lento e geralmente inviável. Outra forma é o cálculo de trás para frente em que o renderizador começa no ponto dos olhos do jogador e verifica quais objetos estão no caminho do raio de luz e qual sua origem, este é chamado retro rastreamento (*backward tracing*). Também é uma técnica muito lenta. (RABIN, 2012, p. 433).

Técnicas realistas são mais demoradas e exigem maior poder de processamento por conta do *hardware*, porém o resultado final deixa o jogo com uma atmosfera mais realista. O cálculo de luz precisa ser focado apenas no que o jogador está vendo, assim obtém-se um resultado em que a qualidade é satisfatória.

O método que rastreia e calcula diretamente apenas os raios de luz importantes é chamado avaliação de meio, quando a imagem gráfica é renderizada o processador já calcula a quantidade de luz e sua fonte (RABIN, 2012, p. 434).

Nos jogos a simulação da luz é feita para parecer real, mas sua programação e propriedades são diferentes da realidade. São dessa forma simuladas porque o monitor não pode transmitir todas as gamas de cores e exige muito do *hardware* para

processar a intensidade, brilho e direção da luz (RABIN, 2012). Como disse Richard Bartle (2004) é suficiente que o designer de games faça com que o mundo virtual pareça real em um ponto que convença o jogador.

A iluminação realista requer muito processamento e nem sempre se comporta como tal, assim o efeito de iluminação é produzido para se parecer real, desta forma obtém-se um ambiente no jogo mais fiel ao que encontramos no dia-a-dia e economiza-se processamento.

Quando um objeto está próximo à fonte de luz ele é mais brilhante do que o objeto que está mais longe da fonte. Se esse efeito for programado para acontecer da mesma forma que acontece na realidade não vai se comportar de corretamente, pois os monitores não conseguem detectar essa diferença de intensidade com tanta fidelidade, assim alguns ajustes são feitos para que o efeito desejado seja obtido (RABIN, 2012, p. 436).

O resultado final é suficiente para convencer o jogador, pois o efeito se parece com a realidade. Quando o realismo é alcançado não há quebra na imersão pois o mundo virtual se parece com o real. Na figura abaixo podemos observar um ambiente virtual com iluminação simulada de forma realista. Podemos observar o efeito da iluminação e sombras, inclusive a refração parcial da luz que causa o reflexo do ambiente na água. O conhecimento básico de física que todo ser humano possui é suficiente para reconhecer a imagem abaixo como realista, pois se parece como deveria ser.

Figura 4: Cena do jogo Skyrim



Fonte: http://farm9.staticflickr.com/8180/8067060858_4a603dd989_b.jpg

O ambiente é uma unidade fundamental no jogo. É o ambiente e o clima que estão diante dos olhos do jogador. A iluminação orienta o jogador quanto ao clima do ambiente e também ao da história. Um ambiente bem iluminado e claro é aconchegante e sugere otimismo e alegria enquanto que um ambiente escuro com cores pálidas é desconfortável e transpassa sentimentos mais negativos. A iluminação é um componente do jogo que também participa na concepção da experiência ao jogador acarretando uma emoção realista (SCHUYTEMA, 2011, p. 286).

O equilíbrio entre os elementos de um jogo deve sempre ser buscado pois todos são importantes na construção deste. A parte gráfica, os sons, as regras implícitas e explícitas, etc, desempenham igual papel para produzir o resultado final a ser apreciado pelo jogador. Ele pode não notar todos os elementos e complexidade por detrás da construção do *game*, mas a experiência final é o que importa para ele (SCHELL, 2011).

1.4. Conceito histórico

No início da história dos jogos digitais a física era simulada de maneira simples, pois os computadores da época não eram capazes de processar muitos dados para representar uma física mais completa e real (SANCHES, 2011).

David Baszucki, fundador do *Massively Multiplayer Online Game* (MMO)¹⁰ “Roblox”, escreveu um artigo contando uma breve história sobre a física nos jogos. A história começa com o primeiro jogo digital de grande sucesso *Pong*, lançado em 1972. Por causa da limitação da computação na época, a física programada só podia realizar tarefas simples, neste jogo ela só calculava o ângulo da bolinha quando rebatida pelas raquetes (BASZUCKI, 2011).

Com o passar do tempo os motores de física foram implementados e tinham maior poder de ação, mas o cenário ainda era estático como o jogo *Pinball* ou *Asteroids* (BASZUCKI, 2011). Neste, lançado em 1979 pela empresa *Atari*, usava-se um gráfico vetorial¹¹ ao invés de gráficos formados por *pixels*¹² que permitia um jogo mais nítido (NOVAK, 2010, p. 9).

Battlezone da *Atari*, lançado em 1980, foi o primeiro *game* a utilizar um ambiente 3D com o efeito gerado através de vetores. Não era um ambiente real 3D e sim um efeito para que parecesse ter três dimensões. Representantes do exército norte americano

¹⁰ Um gênero de jogo digital que de acordo com Villas Bôas (2009) é um *game* jogado pela *internet* e que pode ter um dos vários outros gêneros como esportes, ação e aventura incorporados em si.

¹¹ Gráfico reproduzido através de cálculos matemáticos.

¹² A menor parte de uma imagem digital.

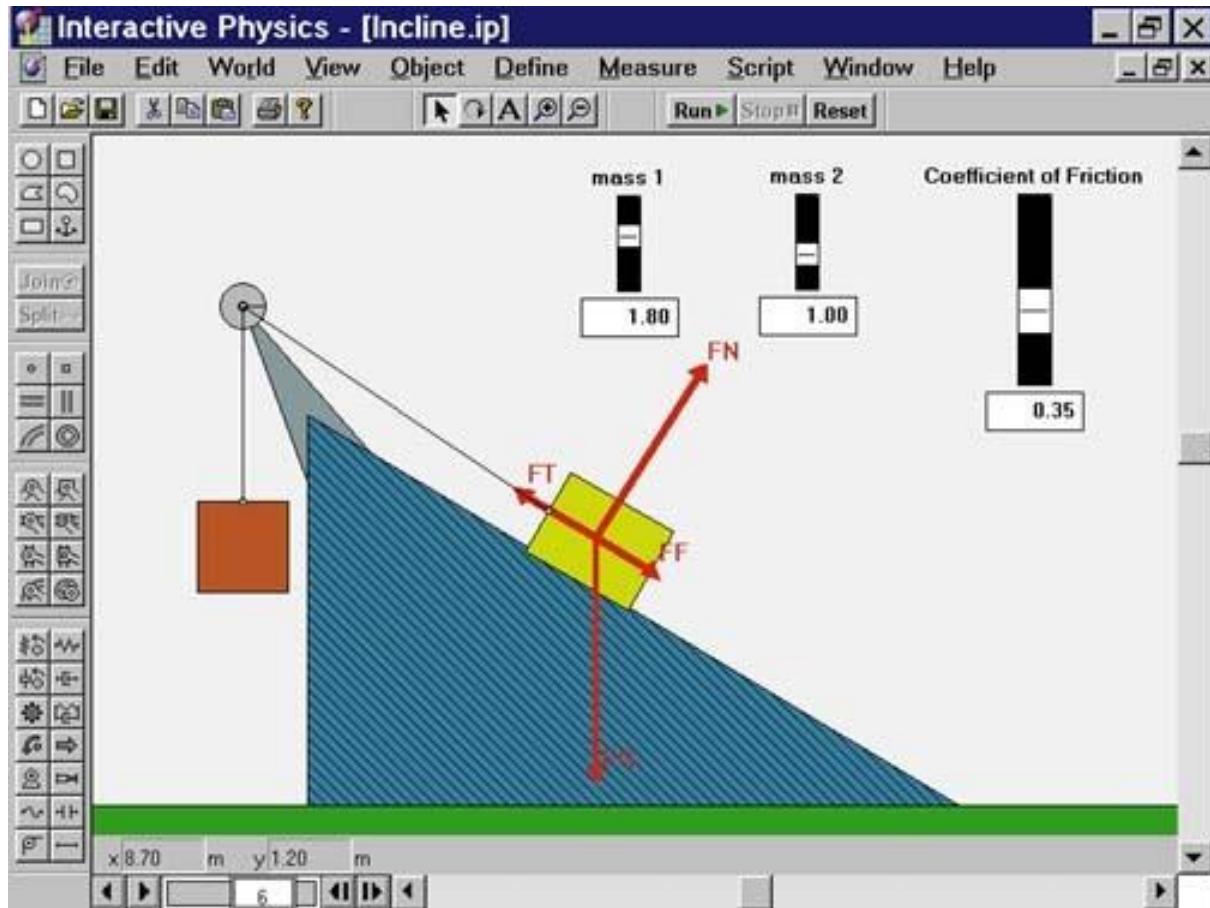
procuraram a *Atari* para pedir um protótipo parecido com *Battlezone* para usarem como simulador em treinamento de soldados devido ao seu realismo (A era dos videogames, 2007).

Já em 1982 o poder de processamento da geração de computadores comportava uma simulação física mais avançada. O jogo *Flight simulator* da empresa *Microsoft* já era capaz de simular um avião que respondesse às condições do vento, mas seu gráfico ainda exigia bastante imaginação dos jogadores por ter somente 4 cores para representar todo o cenário (PURCELL, 2008).

Ainda em 1982 o efeito *parallax* foi popularizado no jogo *Moon patrol* e foi também a técnica usada nos primeiros jogos de *Super Mário*. Ele produz um efeito de profundidade 3D em ambiente 2D ao mover as imagens de frente com mais velocidade do que as imagens de fundo (AGNI, 2011). O efeito *parallax* permitia que um ambiente de duas dimensões parecesse ter 3 dimensões deixando-o semelhante à realidade.

O primeiro motor de física que permitia que o mundo virtual pudesse ser fisicamente simulado foi usado na engenharia mecânica na década de 80, mas todos os parâmetros eram inseridos com texto, pois não tinha *interface* gráfica, a mais popular na época era a *ADAMS*. Por volta de 1989 surgiram os primeiros motores físicos com *interface* gráfica e um dos primeiros foi desenvolvido por David Baszucki e se chamava *Interactive Physics*. Era um simulador de física 2D onde o usuário podia arrastar objetos, inserir parâmetros e realizar experimentos virtuais (BASZUCKI, 2011).

Figura 5: Motor de física *Interactive Physics*



Fonte: http://community.roblox.com/wp-content/uploads/2011/12/clip_image007.jpg

Com processadores mais potentes foi possível criar jogos que realmente utilizassem um ambiente 3D. O *Flight simulator*, além de simular o voo de um avião real considerando as condições do vento em 82, trouxe na década de 90 essa simulação para o ambiente 3D. O próximo desse estilo foi Wolfenstein 3D, um jogo de tiro em primeira pessoa com um tema nazista, o que causou muita polêmica na época, principalmente na Alemanha, onde símbolos nazistas eram proibidos. Então os mesmos criadores lançaram o game *Doom* em 1993 (A era dos videogames, 2007).

O próximo passo na história da física nos jogos que Baszucki (2011) menciona é a *Physic engine Working Model* criada pouco depois da *Interactive Physics*, um simulador de física em 3D capaz de simular mecanismos complexos como de motocicletas.

No novo milênio o gráfico visual dos jogos já era mais completo e encantador e a física podia ser simulada de forma mais real e completa. *JFK reloaded* é um jogo que foi lançado em 2004 produzido pela empresa escocesa *Traffic games*, ele simula o assassinato de John F. Kennedy pelos olhos do assassino. Apesar da polêmica que gerou, o jogo simulava fisicamente as condições do dia do assassinato com bastante precisão. Kirk Ewing, criador do jogo, diz que as condições físicas foram muito estudadas para poder ser recriada exatamente como naquele fatídico dia, com um modelo balístico bem preciso, elementos como condições do vento e a velocidade do carro foram recriadas com maior exatidão provável, tudo para simular o assassinato da forma mais real (A era dos videogames, 2007).

2. Conceito de física básica

A física aplicada aos jogos digitais consiste no entendimento intuitivo que todos os seres humanos possuem sobre o mundo, adquirido através da observação, percepção e experiências obtidas. Trata-se da física básica ou *naïve*, como diz Bartle (2004).

Física *naïve*¹³ é nossa percepção dos fenômenos físicos básicos sem de fato conhecê-los, é o senso comum que nós seres humanos possuímos. Trata-se do entendimento intuitivo do mundo físico. Esse nosso entendimento consiste em duas noções: causa, saber como algo vai se alterar sob determinada circunstância; e alteração, saber como algo vai se comportar quando for aquecido ou dobrado por exemplo, ou qual será seu aspecto quando passado aquele momento de transformação. Essa é nossa compreensão da realidade (SMITH e CASATI, 1994).

A Física é uma ciência ampla que estuda os fenômenos da natureza. Ainda existem questões a serem descobertas e teorias a serem provadas, pois há muito a ser descoberto.

Iremos fazer uma análise do jogo *Dead Space 1* com foco na gravidade. Para isso é necessário acrescentar nesta pesquisa a definição e utilidade do conceito desse fenômeno para poder identificá-lo com mais clareza dentro do jogo. Em seguida poderemos dizer com precisão se ele é realista.

¹³ Naïve é a palavra francesa para ingênuo. Utilizou-se esse termo por ser este o utilizado pela referência, Richard Bartle.

2.1. Gravidade

A força gravitacional é um tema fundamental de estudo na Física. Trata-se de uma força que age sobre tudo, da superfície da Terra até a imensidão intergaláctica. O conhecimento que se tem foi desenvolvido através dos anos, mas a principal fonte de estudo é a lei da gravitação universal de Sir Isaac Newton †¹⁴ (HALLIDAY, 2011).

Newton (1846, p. 33) diz “Toda partícula de matéria é atraída por, ou grava em, toda e qualquer outra partícula de matéria”¹⁵, ou seja, todas as partículas são dotadas do princípio de gravitação mútua, em que atraem umas às outras. Para aplicar essa lei a corpos maiores Newton criou o teorema das cascas¹⁶ no qual um corpo pode se comportar como uma partícula.

Qualquer corpo possui gravidade, inclusive o corpo humano, mas a força gravitacional é tão pequena que sua interferência é desprezível. (HALLIDAY, 2011). Quanto maior o corpo maior sua força gravitacional. Por exemplo, o sol possui gravidade mais forte do que a Terra, que por sua vez possui maior força gravitacional do que uma maçã (RIEBEEK, 2009).

A Terra possui uma força que mantém tudo em sua superfície preso nela, assim como mantém a Lua, satélites e estações espaciais em sua órbita. Quanto mais longe da Terra, ou do corpo, mais fraca é a força gravitacional, porém ela sempre está presente

¹⁴ Sir Isaac Newton: 1642-1727

¹⁵ Tradução nossa.

¹⁶ A gravitação mútua é uma lei voltada para partículas, enquanto que a teoria das cascas é sobre corpos. O teorema afirma que um objeto esférico exerce força gravitacional como se toda sua massa estivesse concentrada em seu ponto central.

e seu valor não chega a zero. Quando a gravidade é tão fraca que parece não existir é chamada de micro gravidade.

A micro gravidade é quando os objetos e pessoas parecem não ter peso. A força da gravidade nessa condição é muito baixa e é também chamada de gravidade zero, mas somente por parecer nula, pois esta condição não existe. A NASA diz que em todo lugar existe um pouco de gravidade originária de estrelas, planetas ou qualquer objeto com massa no universo, quanto mais longe de um corpo menor a força da gravidade, mas ela ainda existe. É a gravidade que mantém a Lua em órbita da Terra e mantém a Terra em órbita ao Sol, mesmo estando bem longe uns dos outros (NASA, 2010).

Um exemplo de micro gravidade é a estação espacial internacional (*/SS*)¹⁷. Podemos observar os astronautas da estação em fotos e vídeos da NASA disponibilizados no site oficial da agência¹⁸. Ao contrário do que a maioria das pessoas pensam, a ausência de gravidade na */SS* é um efeito produzido pelo ser humano, os astronautas não estão longe o suficiente da Terra para ficar em micro gravidade, pois a força gravitacional da Terra ainda é bem forte naquela região, cerca de 402 quilômetros de altura. O que acontece é que a nave está em queda livre o tempo todo a uma velocidade de aproximadamente 28000 quilômetros por hora. Sua velocidade é tão alta que sua trajetória coincide com curvatura da Terra, assim ela fica caindo eternamente e a gravidade não deixa que ela escape da órbita terrestre se perdendo no espaço, a queda produz a condição de micro gravidade dentro da estação espacial (NASA, 2010).

¹⁷ Em português: Estação Espacial Internacional.

¹⁸ <http://www.nasa.gov/>

A teoria da relatividade especial de Albert Einstein, apresentada em 1905 trouxe alterações nas leis de movimento e gravitação de Newton. Porém, quando os cálculos físicos envolvem velocidades baixas, as diferenças são insignificantes e ainda se utiliza as mesmas leis de Newton (RIEBEEK, 2009).

3. Análise empírica do jogo

A análise foi realizada com o método de Aarseth e as cenas escolhidas foram estudadas minuciosamente através da semiótica. Foi levada em consideração principalmente a experiência da pesquisadora ao jogar, entretanto para que a análise fosse completa foi feita uma observação de um vídeo¹⁹ de outro jogador jogando *Dead Space 1*. Durante a pesquisa observamos que a física, fazendo parte do mundo virtual do jogo, é um elemento que colabora e interfere na imersão do jogador. A experiência, emoções e impressões da investigadora ganhadas durante o jogo foram consideradas durante a análise.

3.1. Método de análise

O método para a análise selecionado consiste no sugerido por Aarseth (2003). São três as alternativas citadas para a obtenção de dados sobre o jogo. A escolha de uma ou mais opções depende da necessidade do pesquisador, porém a combinação dos três leva a uma análise mais apurada. Além disso os passos não precisam seguir a

¹⁹ Vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/user/Xtr3meGuN/search?query=dead+space+1>
Acesso em: 17 nov. 2014.

ordem que foram comentados, podem e devem acontecer de outra forma, visto que o fator é decidido pelo investigador de acordo com suas necessidades de pesquisa.

- Primeiro passo: deve-se buscar o entendimento do funcionamento do jogo e como ele foi concebido, assim como regras e mecânica, documentos de criação, referências utilizadas como inspiração para o *game* e entrevistas com os desenvolvedores (AARSETH, 2003).
- O segundo passo: assistir a outros jogadores enquanto jogam e observar suas reações, relatos e críticas (AARSETH, 2003).
- Terceiro passo: o investigador deve jogar o jogo. Este último é o melhor, porém se combinado com os dois primeiros a análise torna-se mais eficaz (AARSETH, 2003).

[...] a mera observação da ação não nos irá colocar no papel do público. Quando os outros jogam, o que acontece no monitor é, apenas em parte, representativo daquilo que é vivido pelo jogador. A outra parte, talvez mais importante, é a interpretação mental e a exploração das regras, que evidentemente são invisíveis para o não jogador, que carece de informação (AARSETH, 2003).

Analisar um game é difícil, pois envolve a experiência do jogador. Sendo assim uma avaliação restrita aos olhos do investigador não pode dizer com precisão o efeito que o objeto analisado causa no público-alvo, o ideal seria obter respostas de pessoas que jogaram o *game* para assim, obter resultados mais precisos (BAHIA, BATTAIOLA, et al., 2013).

O *game* avaliado foi jogado pela pesquisadora sob olhar de jogador para que nada fosse perdido e todas as sensações e impressões fossem guardadas. Buscou-se informações sobre o jogo e em seguida este foi jogado novamente com enfoque analítico, interrompendo o ato de jogar para obter detalhes da cena a serem estudados. Por último observou-se outro jogador enquanto ele jogava, prestando atenção em suas reações e opinião. Seguimos os passos citados acima na seguinte ordem: três, um, três e dois.

Para a avaliação do *game* utilizamos a semiótica porque ela envolve as emoções e impressões dos jogadores. Santaella (2005, p. 11) diz que qualquer coisa pode ser analisada pela semiótica, porque com base na fenomenologia de Pierce, qualquer coisa é um signo.

Qualquer coisa que esteja presente à mente tem natureza de um signo. Signo é aquilo que dá corpo ao pensamento, às emoções, reações, etc. por isso mesmo, pensamentos, emoções e reações podem ser externalizados. Essas externalizações são traduções mais ou menos fiéis de signos internos para signos externos (SANTAELLA, 2005, p. 10).

Como analisar um jogo envolve as emoções e sensações do jogador, a semiótica se mostra uma excelente ferramenta de análise. Santaella (2005) nos disponibiliza um percurso de análise semiótica. O primeiro passo está relacionado à primeiridade e trata de nossa impressão inicial ao olhar algo, emoções e sentimentos, contemplar o fenômeno, procurar conhecê-lo, olhar sem ter pressa de interpretar. O segundo passo, secundidade, consiste em observar o fenômeno e perceber suas características

únicas enquanto que o terceiro passo, a terceiridade, requer habilidade em observar o comum no fenômeno generalizando-o.

Cada cena foi analisada seguindo essas orientações. Através da análise semiótica observamos a cena do jogo minuciosamente, dando ênfase apenas aos fenômenos relacionados com a gravidade. Em seguida fizemos a descrição desses fenômenos para poder compará-los com situações reais e, dessa forma, dizer se ele se apresenta realista. Veja a tabela abaixo os passos utilizados durante a análise.

3.2. Dead Space

Sinopse: Uma gigantesca nave de mineração perde contato com a Terra depois de desenterrar um estranho artefato em um planeta distante. O engenheiro Isaac Clarke é enviado em uma missão de manutenção para restabelecer a comunicação, mas se depara com um pesadelo – a tripulação da nave foi terrivelmente mutilada e infectada por uma praga alienígena. Agora, Isaac está sozinho, isolado e lutando desesperadamente para sobreviver (DEAD SPACE 1, 2008).

O jogo escolhido foi o *Dead Space 1* por ser um jogo com qual a pesquisadora está familiarizada. O game faz parte de uma série constituída de 3 jogos criados pela empresa *Visceral games* e publicados pela *EA Games*, a história é de ficção científica

e o jogo de sobrevivência-terror, sendo classificado pela *EA Games* como um jogo parte do gênero ação e aventura, do subgênero tiro.

De acordo com Novak (2010, p. 96-101) um jogo do gênero de ação requer movimentos rápidos e agilidade do jogador para comandar o personagem, visto que o objetivo é destruir os inimigos antes que seja ele próprio destruído dentro do jogo, o foco desse gênero é direcionado para o reflexo e reações instantâneas. Já um jogo de aventura possui um ritmo mais lento e o objetivo é explorar e coletar itens no ambiente, resolver quebra-cabeças e usar o raciocínio. Um jogo híbrido de ação-aventura mistura as características dos dois alternadamente ou em paralelo durante o percurso do jogo. O subgênero tiro classifica um *game* em que o personagem comandado pelo jogador²⁰ combata outros personagens com armas de fogo ou qualquer outra que seja controlada pela mão dele.

Ao mesmo tempo o fator sobrevivência-terror é considerado um gênero, uma tendência a classificar os jogos com base na narrativa e situações que o jogador enfrenta durante o *game*. São jogos que possuem um clima ameaçador e sombrio (NOVAK, 2010, p. 101)

Em *Dead Space 1* o jogador precisa ter reflexos rápidos e agilidade, precisa resolver alguns quebra-cabeças e combater inimigos através da agilidade do personagem e seu raciocínio rápido. Possui um enredo de terror que causa bastante tensão no jogador, pois seu principal objetivo é manter o personagem vivo enquanto ele explora

²⁰ Também conhecido como avatar.

a nave espacial cheia de alienígenas fatais e resolve os problemas nela encontrados para dessa forma concluir sua missão e escapar vivo do ambiente hostil.

O jogador vive a história do personagem Isaac Clarke, um engenheiro que se encontra em uma nave espacial em órbita do planeta *Aegis VII* localizada a milhões de anos-luz²¹ da Terra. A história se passa em um futuro distante e Isaac luta por sua sobrevivência em um cenário de terror a bordo da *USG Ishimura*²². Abaixo a análise das cenas selecionadas.

3.3. Análise de espaço interno

Ao estudar o jogo, não se notou erros em relação a gravidade nas cenas que se passam na parte interna da nave, com exceção de um que citaremos mais abaixo. Isaac consegue andar normalmente pela nave e os objetos com que se depara estão em repouso no chão ou em prateleiras. Da mesma forma que encontramos objetos no nosso dia-a-dia.

²¹ Unidade de comprimento utilizada para grandes distâncias. Um ano-luz equivale a distância que um raio de luz percorre durante um ano. Levando em conta sua velocidade aproximada de 300 km/s, 1 ano-luz equivale a aproximadamente 10 trilhões de quilômetros (KEOHANE).

²² Nome da nave espacial do jogo.

Figura 6: Dead space 1, objetos em repouso.



Fonte: Captura de tela de vídeo disponível neste *link*: <
<https://www.youtube.com/watch?v=IYzqQEvyxsQ&list=PLTV3Pml1TSyPQx-22bV1wBSAL-JaVUtlU&index=10>
> Acesso em 08 dez. 2014.

Figura 7: Caixas empilhadas



Fonte: Imagem disponível neste *link*: <http://1.bp.blogspot.com/-fFD5jDx09Eo/UegHN51ahel/AAAAAAAABao/sTj6HqwAHgE/s1600/_1271.jpg> Acesso em 08 dez. 2014.

Na Figura 6 o personagem Isaac está parado próximo a 3 caixas em repouso no chão e de uma caixa em cima de um suporte, ambos também repousando na superfície. A figura seguinte nos mostra uma cena que podemos encontrar no dia-a-dia em nosso mundo real, uma pilha de caixas. É uma cena comum, com a qual estamos acostumados a nos deparar: um objeto em repouso no chão. Por ser parte de nosso mundo real a cena virtual fica mais realista, o jogador se sente mais imerso quando encontra um ambiente familiar onde pode prever o comportamento do que o cerca.

Durante o jogo, a exceção que notamos não ser realista em relação a gravidade, foi o fato de que o personagem Isaac não tem a opção de pular, ele é capaz de andar, chutar objetos e alienígenas, dar tapas, mas não pula. Em algum momento, o jogador pode querer pular um obstáculo por exemplo, mas não vai poder.

Um indivíduo pode pular por causa da tensão no músculo ocasionada pela contração das fibras musculares (BACK), todo ser humano sabe que se pular verticalmente vai chegar até uma altura e vai voltar para o chão. Quanto mais força, mais alto se pode ir. É o senso comum, o conhecimento básico que possuímos sobre o funcionamento do mundo.

Na Física pode-se esclarecer a ação de pular da mesma forma que o andar. James Dann²³ (2011) esclarece essa ação que nos é tão comum com base na terceira lei de Newton: para cada ação há uma reação. Quando um objeto cai é a força da gravidade que está puxando-o para baixo, esta é a ação. A reação é que o objeto puxa a Terra para cima com uma força tão pequena que é desprezada. Quando andamos exercemos uma força no chão e este exerce uma força no sentido contrário fazendo

²³ Pós doutor em física de partículas.

com que nos movimentemos para aquela direção. Se exercemos a força para trás, nos movemos para frente.

É assim também que nós pulamos. Exercemos uma força para baixo e o chão nos empurra para cima. A força gravitacional nos puxa de volta para a Terra, por isso não ficamos flutuando.

Não há um motivo para que o personagem não possa executar essa ação, existe uma alternativa para esta ação no jogo, que é a capacidade de mover os objetos para tirá-los do caminho, mas não um motivo. Os alienígenas pulam, então por que o personagem não pode? Esse é um fator no jogo que, em alguns momentos, quebra a imersão por não ser realista.

A próxima cena a ser analisada é em gravidade zero. Nesta cena encontramos uma contradição: o personagem Isaac pode pular, em qualquer outro momento a ação não é permitida, porém, em micro gravidade, ela é consentida, provando que a alternativa é possível dentro do universo do jogo. Aliás, a ação é essencial para cumprir a missão no ambiente de micro gravidade. Como exemplo vamos analisar uma cena interna de gravidade zero.

O primeiro contato de Isaac com a falta de gravidade é em uma sala dentro da nave. Para atravessá-la Isaac precisa desligar a gravidade e pular para o outro lado da sala. Na Figura 8 vemos alguns objetos em repouso na plataforma ao fundo. Na Figura 9 vemos os mesmos objetos flutuando, logo após a gravidade ser desligada.

Figura 8: Dead Space1, gravidade ligada.



Fonte: Captura de tela de vídeo disponível neste link:
https://www.youtube.com/watch?v=Q3_B7NrQcxw&index=3&list=PLTV3Pml1TSyPQx-22bV1wBSAL-JaVUtIU

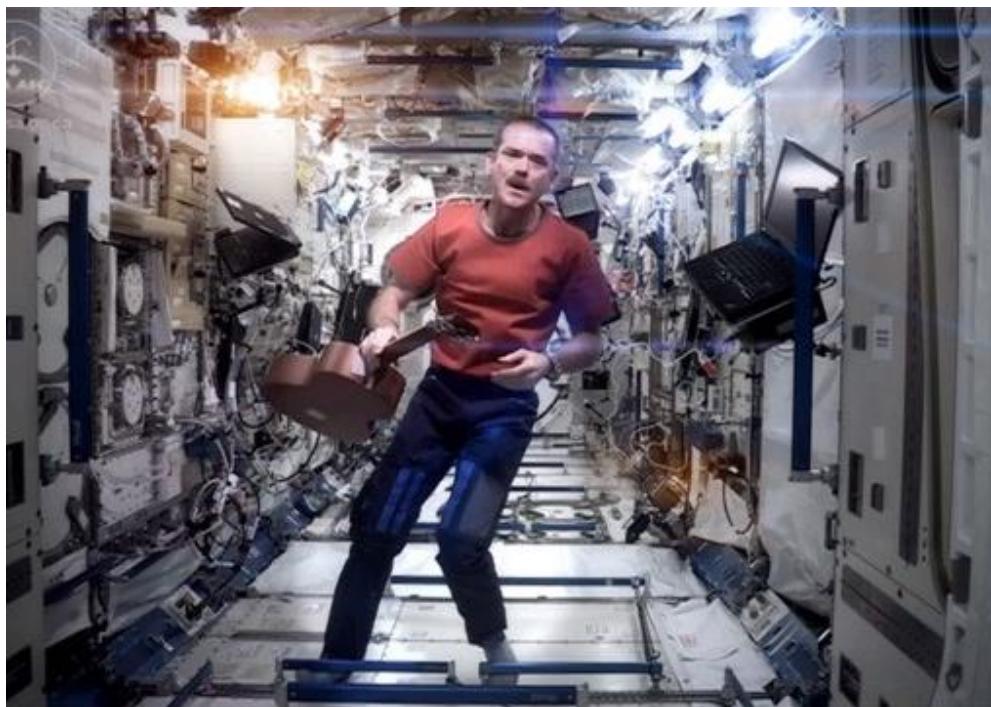
Figura 9: Dead Space1, gravidade desligada



Fonte: Captura de tela de vídeo disponível neste link:
https://www.youtube.com/watch?v=Q3_B7NrQcxw&index=3&list=PLTV3Pml1TSyPQx-22bV1wBSAL-JaVUtIU

O comportamento dos objetos sob a circunstância de gravidade zero nesta cena do jogo *Dead Space 1* pode ser classificada realista, pois se compararmos a Figura 9 com a Figura 10 abaixo, notamos uma semelhança: objetos em gravidade zero, ou micro gravidade, flutuam. Desta forma podemos dizer que a cena em Dead space 1 é realista porque se parece real. Um fato importante nesta cena é que Isaac só não flutua como os objetos porque possui botas magnéticas próprias para andar em gravidade zero.

Figura 10: O astronauta Chris Hadfield e objetos ao seu redor flutuando em micro gravidade.



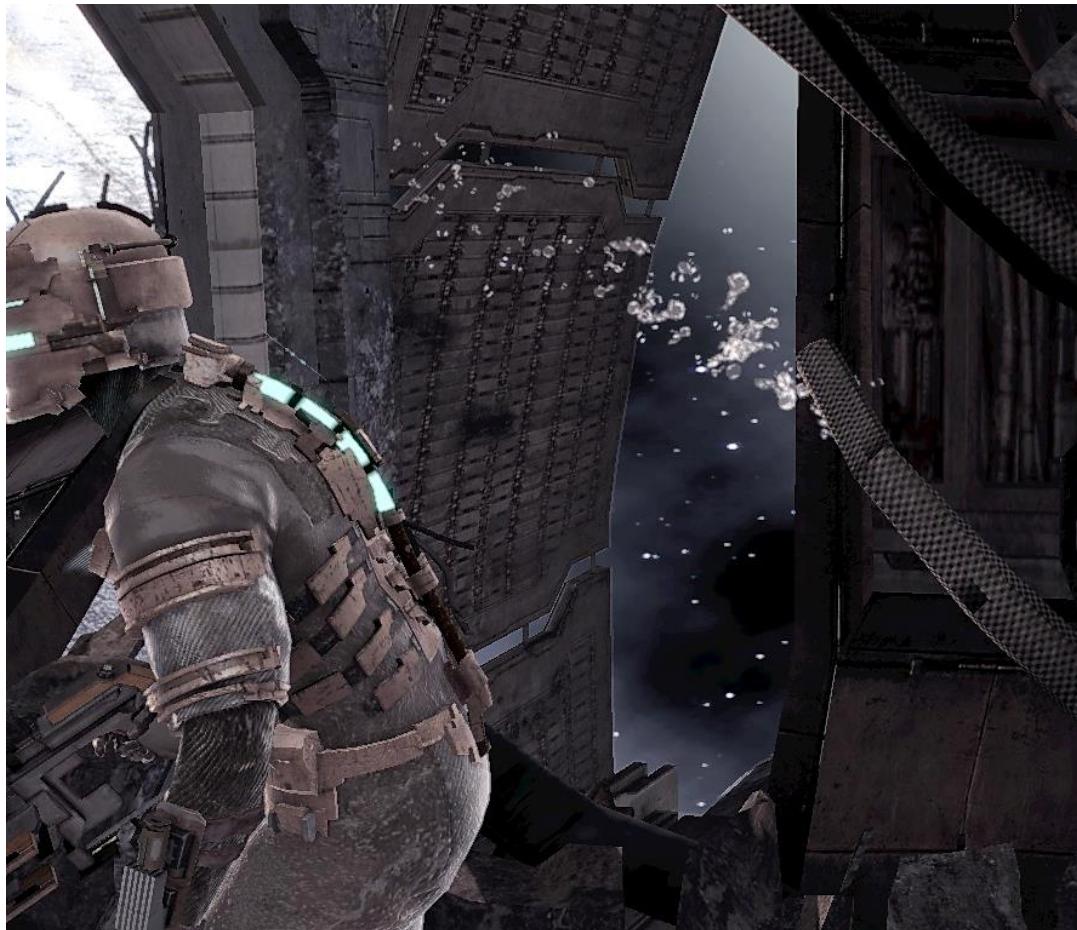
Fonte: link <http://s2.glbimg.com/2bhA3mqDqWPpwYqnCfTPCHu7Dj5A8bNSYRsftaP7G9lloz-HdGixxa_8qOZvMp3w/e.glbimg.com/og/ed/f/original/2013/05/13/astronauta.jpg> Acesso em 09 dez. 2014.

Ao desligar a gravidade artificial os objetos deviam permanecer parados no lugar e não flutuar, pois não há uma força agindo sobre eles. A cena se parece real, mas não se comporta como na realidade. Os objetos só deveriam se mexer se alguma força externa agisse sobre ele, porém se permanecessem parados na sala o ambiente não iria sugerir o estado de gravidade zero. Portanto a cena é realista por parecer real e algo que parece real é mais importante para o jogador do que algo que aja de maneira real, assim como nos diz Bartle (2004).

3.4. Análise de espaço interno e aberto

A história do jogo se passa dentro de uma nave espacial chamada *USG Ishimura*. A estrutura do lugar está parcialmente destruída. Vamos analisar neste momento uma cena em que o jogador passa por uma sala em que a parede está destruída, conectando o lado externo com o interno.

Figura 11: *Dead Space 1*.



Fonte: CIANFA, G.L. Imagem de captura de tela do jogo *Dead Space 1*.

Na figura acima vemos que a parede da nave está prejudicada e possui uma abertura. À direita, há um tubo quebrado expelindo um líquido com um aspecto parecido ao da água. O líquido está disperso flutuando pelo ar em pequenas porções assimétricas. À esquerda, notamos o personagem vestindo uma armadura com capacete e um tubo luminoso em suas costas.

Esse personagem é Isaac Clarke, que é controlado pelo jogador. No jogo não há especificação sobre o tipo de fluído que está sendo expelido pelo tubo. Ao entrar nesta

sala, a inteligência artificial (I.A) da nave *Ishimura* avisa o jogador que ele está entrando no vácuo. A respiração do personagem muda automaticamente para a reserva de oxigênio integrado à armadura que ele veste.

Porém a I.A da nave não informa se o jogador está entrando em um ambiente sem gravidade, esta é uma suposição feita, visto que os objetos soltos na cena estão flutuando do lado de fora da nave, como podemos observar na figura abaixo.

Figura 12: Dead Space 1, corpo em gravidade zero.



Fonte: CIANFA, G.L. Imagem de captura de tela do jogo *Dead Space 1*.

Ao estudar a Figura 11 vemos que o líquido flutua e só não fica grudado na superfície do cano porque a cena sugere que ele está sendo expelido para fora com uma certa

força, além disso as gotas do líquido não estão no formato esférico porque ao ser expelido do cano a força causa uma turbulência em sua superfície.

A EA games publicou uma série de vídeos de entrevistas com os desenvolvedores do jogo, o sexto vídeo²⁴ trata do aspecto Gravidade Zero. Glen Schofield, o produtor executivo de *Dead Space: 1*, diz que a forma como corpos e fluídios se comportam em gravidade zero e vácuo dentro do jogo foi representada de forma mais realista possível. Para chegar a esse realismo o time de desenvolvedores examinaram as pesquisas realizadas pela NASA e Jet Propulsion Laboratory (JPL)²⁵ e utilizaram dados reais na programação do jogo para obter um efeito estético mais realista (*Dead Space Dev Diary 6: Zero G*, 2008).

Bem, a micro gravidade é uma condição existente na ISS, onde os astronautas realizam estudos em diversas áreas de conhecimento como a Física e a Biologia, um desses estudos é sobre o comportamento de líquidos (NASA, 2010).

A astronauta Sandra Magnus fez um vídeo na ISS em que ela discorre sobre os experimentos que são realizados na estação espacial, nele ela demonstra como a água se comporta em micro gravidade. A água possui uma tensão em sua superfície que é mais forte nas condições de micro gravidade e dá aos líquidos um comportamento diferente. Por causa da tensão, a água adquire o formato de uma esfera e tende a

²⁴ Disponível neste link:

<[http://www.youtube.com/watch?v=mvpNS0YfXow&list=PLEcMcHyVS9Tf6CZcaCNI1vG19w3YxzT](http://www.youtube.com/watch?v=mvpNS0YfXow&list=PLEcMcHyVS9Tf6CZcaCNI1vG19w3YxzTVz)
Vz>

²⁵ Laboratório de propulsão a jato da NASA, responsável pelo desenvolvimento de sondas espaciais.

ficar grudada nos objetos que encostam nela, desde que nenhuma força externa aja sobre essa água (Water glove in space, 2013).

Quando não está em contato com um objeto, a água fica flutuando e a tensão em sua superfície não permite que ela se espalhe, como pode ser visto na figura abaixo, um outro experimento realizado também pela NASA em micro gravidade dentro de um avião de gravidade zero²⁶. Neste teste, um balão cheio de água é estourado para que ela não fique em contato com nenhuma superfície (Water floating in space, 2013).

Observe o resultado.

Figura 13: Água em micro gravidade.



Fonte: <<http://www.youtube.com/watch?v=cPQcWJpyARA>> Acesso em 01 dez. 2014.

²⁶ O avião causa a condição de micro gravidade realizando um voo com rota parabólica. A sensação de gravidade zero dura cerca de 30 segundos (Agência Espacial Europeia)

Quando o balão estoura exerce alguma força na água causando uma turbulência em sua superfície, mostrando assim, como a água se comporta em micro gravidade quando uma força atua sobre ela sem estar em contato com qualquer objeto. Embora esse e outros experimentos tenham sido realizados em gravidade zero, a água não estava no vácuo, como vemos na cena do jogo.

Na Figura 11 analisada podemos dizer que o fluido possui um comportamento semelhante ao da água na experiência feita pela NASA. Porém na mesma sala o personagem se encontra com um alienígena e quando mata esse inimigo o corpo cai no chão, sugerindo que na sala há uma força que o puxa para baixo, a gravidade.

Figura 14: Dead Space 1, alienígena caído.



Fonte: Captura de tela de vídeo disponível neste link:
<https://www.youtube.com/watch?v=Q3_B7NrQcxw&index=3&list=PLTV3Pml1TSyPQx-22bV1wBSAL-JaVUtlU> Acesso em 08 dez. 2014.

Podemos afirmar que a Figura 11 analisada se passa em uma sala que possui gravidade pelos dois seguintes motivos: durante o jogo, toda vez que se depara com a falta de gravidade a I.A da nave informa o caso ao jogador, mas ao entrar nesta sala o aviso é somente para a condição de vácuo; o alienígena que entra na sala consegue andar normalmente e cai no chão ao ser morto.

Contudo, o fluído que é expelido pelo tubo (Figura 11) e o corpo do lado de fora da nave (Figura 12) se comportam como em gravidade zero. A conclusão que se chega é que enquanto se está dentro do perímetro da sala a força gravitacional artificial da nave está agindo, todavia, quando se está fora da nave, mesmo que próximo (como o fluido espirrando do tubo), a gravidade não interfere no objeto. A cena mostra-se realista aos olhos do jogador.

3.5. Análise de espaço externo

A cena que vamos analisar acontece externamente, o personagem Isaac atravessa de uma sala a outra passando por fora da nave. Ele anda pelo casco exterior onde não há gravidade e nem oxigênio, ou seja, em gravidade zero e também no vácuo.

Figura 15: *Dead Space 1*, gravidade zero.



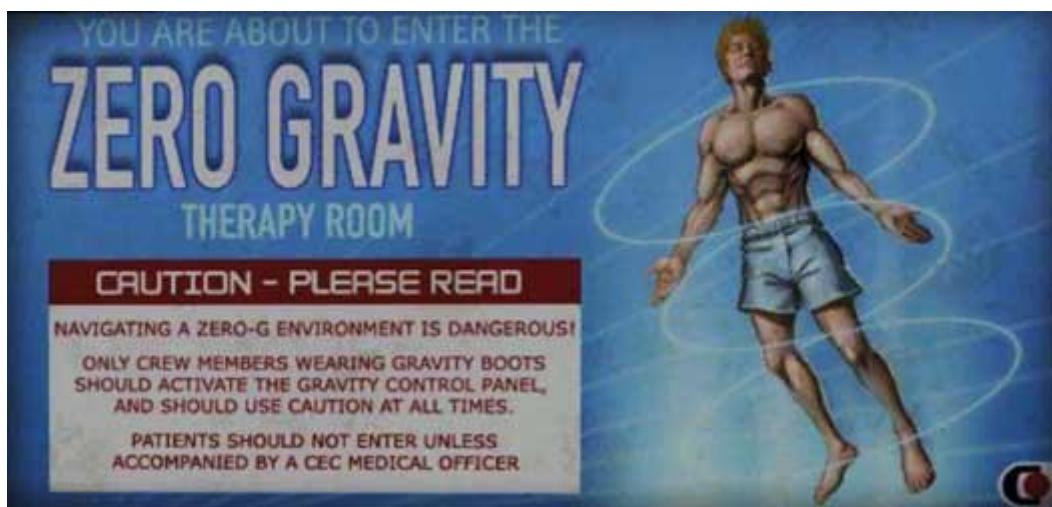
Fonte: Captura de tela de vídeo disponível neste *link*:
<https://www.youtube.com/watch?v=Q3_B7NrQcxw&index=3&list=PLTV3Pml1TSyPQx-22bV1wBSAL-JaVUtlU> Acesso em 08 dez. 2014.

Antes de entrar em gravidade zero o jogador é avisado da mudança através da I.A da nave ou por placas no cenário como pode ser visto na figura acima²⁷. As placas

²⁷ A placa contém os dizeres: Cuidado, gravidade zero (tradução nossa).

ajudam na imersão fazendo o jogador prestar atenção ao ambiente, já que ele pode conter dicas sobre as fases que ele vai enfrentar.

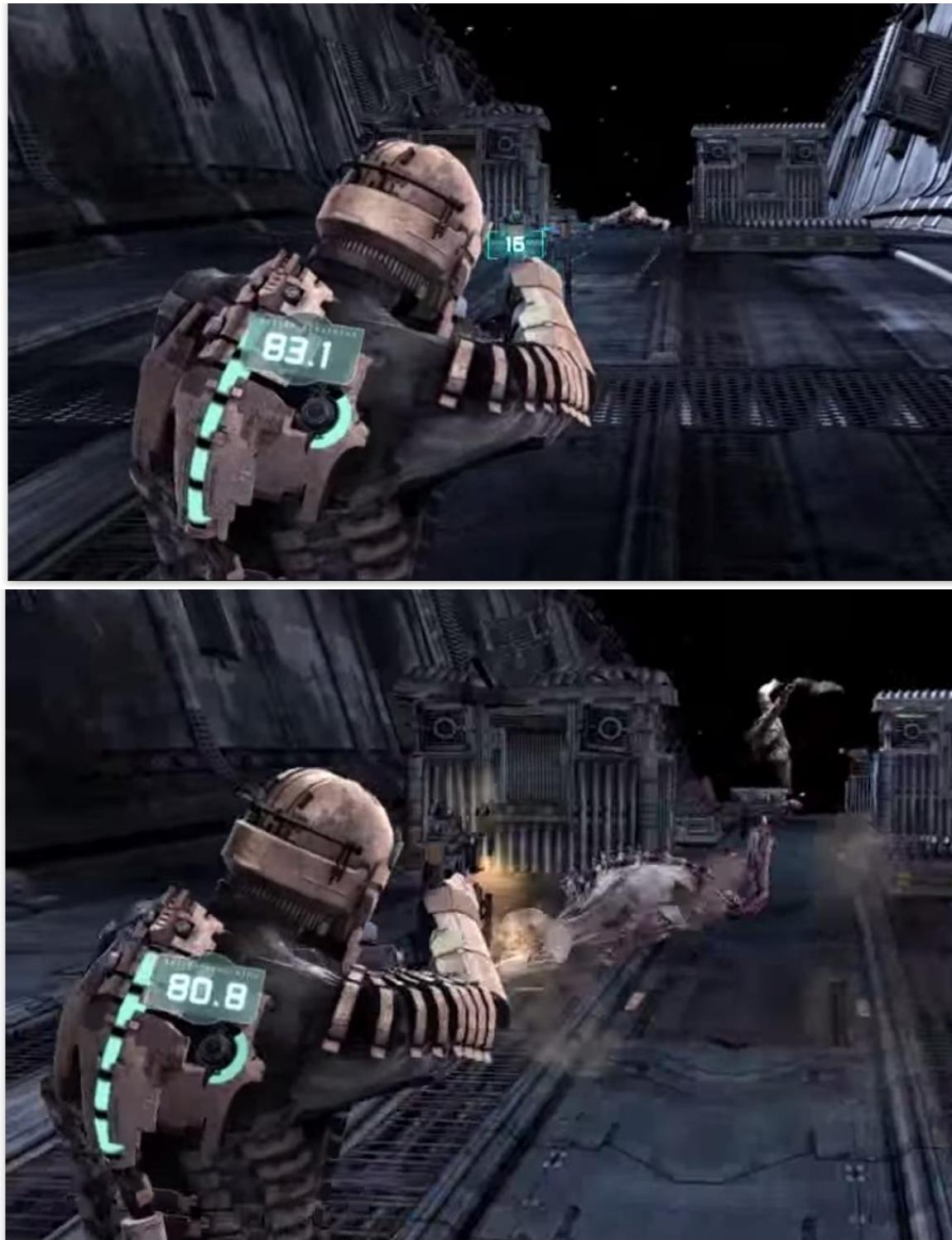
Figura 16: Dead space 1, placa sobre gravidade zero. Tradução: "Você está prestes a entrar na sala de terapia de gravidade zero. Cuidado – por favor, leia. Navegar em ambiente com gravidade zero é perigoso! Apenas membros da tripulação vestindo botas de gravidade devem ativar o painel de controle de gravidade e devem ser cautelosos todo o tempo. Pacientes não devem entrar a menos que estejam acompanhados por um oficial médico."



Fonte: link: <http://deadspace.wikia.com/wiki/Zero_Gravity> Acesso em 08 dez. 2014.

Isaac é um engenheiro a bordo da nave e não um civil, por isso possui a bota de gravidade, pois é um membro da tripulação da nave. No jogo é explicado que as botas são magnéticas, isto permite que o personagem ande pelo cenário sem se desgrudar do chão. Observe as duas imagens abaixo:

Figura 17: Dead space 1, cena do capítulo 4. Gravidade zero.



Fonte: link: <<https://www.youtube.com/watch?v=QZcVS9lW8w4&list=PLTV3PmI1TSyPQx-22bV1wBSAL-JaVUtilU&index=7>> Acesso em 08 dez. 2014.

Na primeira imagem o personagem está grudado no chão e um alienígena logo a frente também está, mas quando Isaac o mata, ele começa a flutuar. A cena parece realista aos olhos do jogador, porém o acontecimento encontrado nesta cena não se comporta de maneira real.

O alienígena não possui botas magnéticas para ficar grudado no chão e se fosse o caso, ele não sairia flutuando pelo cenário após morrer, suas botas o manteriam grudados no chão. Esse é outro caso em que notamos uma falha no realismo físico.

4. Considerações finais

Pudemos observar durante a pesquisa que a física é um elemento que contribui para a imersão do jogador, mas para ser realista os fenômenos físicos virtuais não precisam ser produzidos exatamente como na realidade e em todos os detalhes, eles precisam se parecer visualmente com o real. Para o futuro espera-se conseguir simular a física em sua totalidade, mas por enquanto uma simulação que se parece com a realidade é suficiente para convencer e agradar os jogadores.

Com a análise pôde-se verificar se a física no jogo se parece com a realidade e se o não realismo causa a quebra de imersão. O julgamento realizado pela investigadora foi sob perspectiva analítica considerando sua experiência como jogadora. Notou-se que o fenômeno físico analisado, a gravidade, se mostra em alguns casos realista e em outros o mesmo não se pode afirmar.

Com a análise das cenas pudemos constatar que o fenômeno físico da gravidade em *Dead space 1* é, em sua maior parte, realista porque se parece visualmente com a realidade. Encontramos uma questão que não é realista: o ato de pular. E outra questão que a cena parece real, mas não age como na realidade: comportamento em gravidade zero.

A estudo de cenas no espaço interno sob a ação da gravidade nos mostrou que os objetos e o personagem operam de maneira realista na perspectiva do jogador porque ele encontra ambientes em que o comportamento dos objetos é como conhecido na

realidade, com exceção da ação de pular. Este foi o único fator sob os mesmos aspectos que encontramos ser não realista e capaz de quebrar a imersão.

Em gravidade zero os ambientes se parecem reais, mas não seu comportamento. De acordo com as leis de Newton, um objeto não se move sozinho, precisa de uma força externa para alterar seu estado. Porém, gravidade zero sugere objetos flutuando já que não há uma força que os puxe para baixo. Dessa forma uma sala de gravidade zero com objetos flutuando é mais real do que uma sala com objetos em repouso.

No espaço interno aberto analisado a cena se mostra também realista. O universo do jogo é uma ficção científica e a gravidade artificial presente não é um fenômeno possível na realidade, mas não é este o fator analisado e sim o comportamento de objetos sob ação da gravidade. O ambiente é plausível aos olhos do jogador por unir os dois conceitos, gravidade e micro gravidade, na forma como são no mundo real, pois se comportam como reais. Por este motivo dizemos que a cena sob esse aspecto é realista.

Na análise da cena em espaço aberto nos deparamos com o mesmo comportamento encontrado no ambiente interno sob gravidade zero. No entanto, nessa cena, é o alienígena que se comporta de maneira não real.

Por fim chegamos à conclusão de que geralmente o fenômeno físico estudado nesta análise de *Dead space 1* é realista e por isso contribui de forma significativa para a imersão do jogador. Também houve o reforço da afirmação feita por Bartle (2004) de que o importante em um jogo digital é fazer o universo virtual se parecer com o real,

não necessariamente se comportar como a realidade, assim o jogador vai ficar mais imerso no *game*.

5. Bibliografia

A era dos videogames. Direção: Tim Pritchard. Produção: Robert Curran. [S.I.]: Discovery Channel. 2007. 5 episódios.

AARSETH, E. O jogo da investigação: abordagens metodológicas à análise de jogos. **Caleidoscópio**, Lisboa, n. 4, 2003. Disponível em: <<http://revistas.ulusofona.pt/index.php/caleidoscopio/article/viewFile/2228/1745>>. Acesso em: 22 maio 2014.

AGNI, E. A imersão do efeito Parallax. **UX.blog**, 2011. Disponível em: <<http://www.uxdesign.blog.br/imersao/a-imersao-do-efeito-parallax/>>. Acesso em: 14 maio 2014.

BACK, D. Strength Training for Speed and Vertical Jump. **Jump science**. Disponível em: <<http://jump-science.com/strength-training-for-speed-and-vertical-jump/>>. Acesso em: 08 dez. 2014.

BAHIA, A. B. et al. Parâmetros, estratégias e técnicas de análise de jogo: o caso A mansão de Quelícera. **Simpósio brasileiro de jogos e entretenimento digital**, São Paulo, outubro 2013. Disponível em: <http://www.sbgames.org/sbgames2013/proceedings/cultura/Culture-19_full.pdf>. Acesso em: 22 maio 2014.

BARTLE, R. A. **Designing virtual worlds**. Indianapolis: News riders, 2004. 768 p. ISBN 0-13-101816-7. Disponível em: <<http://proquest.safaribooksonline.com/0131018167>>. Acesso em: 07 set. 2014. Apenas algumas seções do livro estão disponíveis gratuitamente na internet.

BASZUCKI, D. A Brief History of Physics in Video Games. **Roblox corporation**, 2011. Disponível em: <<http://blog.roblox.com/2011/12/a-brief-history-of-physics-in-video-games/>>. Acesso em: 25 abril 2013.

BÔAS, R. V. Mercado de Jogos. In: LEMES, D. D. O. **Games Independentes: Fundamentos metodológicos para criação, planejamento e desenvolvimento de jogos digitais**. São Paulo: [s.n.], 2009. Disponível em:

<http://www.dolemes.org/material/Ebooks/Ebook_Games_Independentes_Dolemes.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2014.

BROWN, E. Ragdoll Physics On The DS. **Gamasutra**, 2009. Disponível em: <http://www.gamasutra.com/view/feature/132309/ragdoll_physics_on_the_ds.php>. Acesso em: 08 dez. 2014.

CLUA, E.; BITTENCOURT, J. Desenvolvimento de Jogos 3D: Concepção, Design e Programação. In: **Anais da XXIV Jornada de Atualização em Informática do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação**. São Leopoldo: [s.n.], 2005. Cap. 3, p. 1313-1356. Disponível em: <<http://www2.ic.uff.br/~esteban/files/Desenvolvimento%20de%20jogos%203D.pdf>>. Acesso em: 06 dez. 2014.

DEAD Space Dev Diary 6: Zero G. Intérpretes: Glen Schofield e Michael Condrey. [S.I.]: EA Games. 2008.

FARIAS, T. et al. O Engine de Física AGEIA PhysX. In: ALEXANDRE CARDOSO, C. K. E. L. **Tecnologias para o desenvolvimento de sistemas de realidade virtual e aumentada**. Pernambuco: Editora Universitária UFPE, 2007. Cap. 12, p. 210. Disponível em: <https://www.grpt.ufpe.br/grvm/Publication/Books&Chapters/2007/PhysX_TecnologiasParaODesenvolvimento.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2014.

GUINNESS WORLD RECORDS. Usain Bolt sets unique world record as he storms to 200m gold at London 2012 Olympics. **GUINNESS WORLD RECORDS**, 2012. Disponível em: <<http://www.guinnessworldrecords.com/summer-of-champions/news/2012/8/usain-bolt-sets-unique-world-record-as-he-storms-to-200m-gold-at-london-2012-olympics-44127/>>. Acesso em: 30 out. 2014.

HALLIDAY, D. **Fundamentos de Física**: Óptica e Física Moderna. Tradução de Ronaldo Sérgio de Biasi. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 4, 2010. ISBN 978-85-216-1608-5.

HALLIDAY, D. **Fundamentos de Física**: Gravitação, ondas e termodinâmica. Tradução de Ronaldo Sérgio da Biasi. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2011. ISBN 978-85-216-1606-1.

JUNIOR, J. R. D. S. et al. An architecture for real time fluid simulation using multiple GPUs. **XI SBGames**, Brasília, p. 8, nov. 2012. Disponível em: <<http://www.nullpointer.com.br/portal/wp-content/uploads/2012/11/fluidSbgames2012.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2014.

KEOHANE, J. Ask an Astrophysicist. **Nasa**. Disponível em: <http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/ask_astro/answers/980226c.html>. Acesso em: 24 nov. 2014.

LASTOWKA, G. Minecraft, Intellectual Property, and the Future of Copyright. **Gamasutra**, 2012. Disponível em: <http://www.gamasutra.com/view/feature/134958/minecraft_intellectual_property_.php?print=1>. Acesso em: 16 set. 2014.

LEMES, D. D. O. **Games Independentes**: Fundamentos metodológicos para criação, planejamento e desenvolvimento de jogos digitais. São Paulo: PUC-SP, 2009. Disponível em: <http://www.dolemes.org/material/Ebooks/Ebook_Games_Independentes_Dolemes.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2014.

NASA. What is microgravity. **NASA**, 2010. Disponível em: <<http://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/stories/what-is-microgravity-k4.html>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

NEWTON, I. **Newton's Principia**: The mathematical principles of natural philosophy. Tradução de Andrew Motte. 1. ed. Nova Iorque: [s.n.], 1846. Disponível em: <<https://archive.org/details/newtonspmathema00newtrich>>. Acesso em: 01 maio 2013. Editor: Daniel Adee.

NOVAK, J. **Desenvolvimento de games**. Tradução de Pedro Cesar de Conti. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010. ISBN 978-85-221-0632-5.

PERES, M. A.; PAGLIOSA, P. A. Simulação dinâmica de corpos rígidos com uso de GPU. **Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação-USP**, 2010. Disponível em: <<http://www.icmc.usp.br/pessoas/castelo/CUDA/docs/simgpu.pdf>>. Acesso em: 06 dez. 2014.

PHYSICS of Walking. Intérpretes: James Dann. [S.I.]: video aula. 2011.

PURCELL, L. Sponsored Feature: Microsoft Flight Simulator X SOARS to New Heights with Multi-Threading. **Gamasutra**, 2008. Disponível em: <http://www.gamasutra.com/view/feature/132086/sponsored_feature_microsoft_.php>. Acesso em: 17 ago. 2014.

RABIN, S. **Introdução ao desenvolvimento de games:** Programação: técnica, linguagem e arquitetura. São Paulo: Cengage learning, v. 2, 2012. Acesso em: O livro foi editado por Steve Rabin contendo informações compartilhadas por diversos profissionais da indústria de jogos.

RIEBEEK, H. A. Planetary Motion: The History of an Idea That Launched the Scientific Revolution. **Earth Observatory**, 07 jul. 2009. Disponível em: <<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/OrbitsHistory/page2.php>>. Acesso em: 16 nov. 2014.

SANCHES, B. C. Introdução a Física nos Jogos. **Ponto V**, 2011. Disponível em: <<http://www.pontov.com.br/site/arquitetura/54-matematica-e-fisica/246-introducao-a-fisica-nos-jogos>>. Acesso em: 11 dezembro 2013.

SANTAELLA, L. **Semiótica aplicada.** 1. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005. ISBN 85-221-0276-7.

SANTEE, A. O que são Game Engines. **Ponto V**, 2013. Disponível em: <<http://pontov.com.br/site/index.php/ethanon/357-o-que-sao-game-engines>>. Acesso em: 21 dezembro 2013.

SCHELL, J. **A arte do game design:** o livro original. Tradução de Edson Furmarkiewicz. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. 489 p. ISBN 978-85-352-4198-3.

SCHUYTEMA, P. **Design de Games:** Uma abordagem prática. Tradução de Cláudia Mello Belhassof. reimpressão da 1ª. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. ISBN 978-85-221-0615-8.

SIEMENS. Corpos flexíveis. **Siemens.** Disponível em: <http://www.plm.automation.siemens.com/pt_br/products/nx/for-simulation/motion-analysis/flexible-bodies.shtml>. Acesso em: 06 dez. 2014.

SMITH, B.; CASATI, R. Naive physics: An essay in ontology. **Philosophical Psychology**, 7, 1994. 227-247. Disponível em: <<http://psycnet.apa.org/psycinfo/1995-03881-001>>. Acesso em: 25 nov. 2014. Disponível gratuitamente no site do autor em <http://ontology.buffalo.edu smith//articles/naivephysics.html>.

WATER floating in space. Produção: NASA. [S.I.]: NASA. 2013. Disponível em: (<http://www.youtube.com/watch?v=cPQcWJpyARA>). Acesso em: 09 jan. 2014.

WATER glove in space. Produção: Sandra Magnus. Intérpretes: Sandra Magnus. [S.I.]: NASA. 2013. Estação Espacial Internacional. Disponível em: (http://www.youtube.com/watch?v=aD1D9E_tdS8). Acesso em: 09 jan. 2014.

WERTH, B. Sponsored Feature: Multi-Core Simulation of Soft-Body Characters Using Cloth. **Gamasutra**, 2008. Disponível em: <http://gamedeveloper.com/view/feature/132269/sponsored_feature_multicore_.php?print=1>. Acesso em: 07 dez. 2014.