

Integração da Estereoscopia à Mecânica dos Jogos

Alexandre N. Tomoyose Silvio R. R. Sanches Romero Tori

Interlab – Laboratório de Tecnologias Interativas
Escola Politécnica – Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo – SP – Brasil

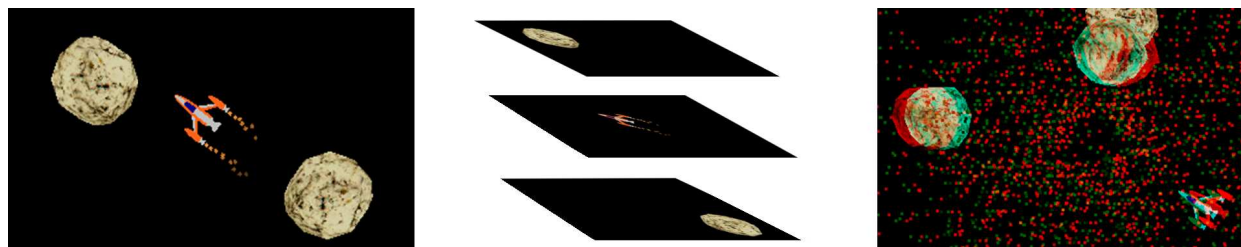


Figura 1: O cenário do jogo (exibido à esquerda) é, na realidade, composto por três planos com diferentes níveis de profundidade, como os mostrados na imagem ao centro. As colisões ocorrem somente entre elementos no mesmo plano. A utilização da estereoscopia (aplicada na imagem da direita) é essencial, pois permite ao jogador identificar essas camadas.

Abstract

Stereoscopy is one of the main visual features that the human brain has available to identify the depth of objects. Many times this feature was used in games, although in a limited way, aiming for visual enhancement. This paper proposes a more intense and integrated utilization of stereoscopy into games' mechanics. A theoretical research of stereoscopy application in games over the time is presented to motivate discussion, with the proposal to use stereoscopy heavily integrated to games' mechanics following after that. Finally, the development and tests of the prototype that represents a proof of concept for the proposed approach are detailed.

Keywords: Game Design, Stereoscopy

Resumo

A estereoscopia é um dos principais recursos que o cérebro humano possui para identificar a profundidade dos objetos. A utilização desse recurso em jogos eletrônicos, no entanto, tem ocorrido de forma limitada, objetivando somente melhorar o aspecto visual. O presente artigo propõe a utilização da técnica mais intensamente, de forma que identificar a profundidade, por meio da estereoscopia, seja necessário e interfira diretamente na jogabilidade. Um levantamento histórico da aplicação da estereoscopia em jogos é apresentado para motivar a discussão, seguido da proposta de integrar a visão estereoscópica a mecânica dos jogos. Por fim são detalhados o desenvolvimento e os testes do protótipo utilizado como prova de conceito da abordagem proposta.

Palavras-Chave: Design de jogos, Estereoscopia

Contatos: {alextomoyose, silviorris}@usp.br
tori@acm.org

1. Introdução

A evolução dos jogos eletrônicos pode ser mais bem compreendida quando se observa, entre outras características, a qualidade gráfica e as diversas formas de interação proporcionadas pelos *games* atuais. O aumento exponencial do poder de processamento dos computadores domésticos, aliado ao barateamento de dispositivos menos convencionais – muitos deles utilizados em consoles modernos – tem possibilitado aos fabricantes a exploração do limite dessa tecnologia, agregando aos seus jogos uma infinidade de recursos, com o objetivo de torná-los mais atrativos.

Nesse sentido, grande parte dos esforços de pesquisadores da área concentra-se em buscar meios de aumentar o nível de imersão dos jogadores. Recursos como a visão estereoscópica, que permite visualizar diferentes níveis de profundidade entre os elementos que compõem o cenário do jogo, tem se mostrado uma alternativa interessante.

Técnicas de estereoscopia podem ser aplicadas a jogos eletrônicos por meio de equipamentos mais sofisticados, e conseqüentemente de mais alto custo (por exemplo, óculos 3D que funcionam em conjunto com alguns modelos de placas gráficas), ou utilizando *hardware* convencional (placa gráfica comum e óculos anaglíficos de papelão ou plástico).

Independentemente das técnicas adotadas, elas têm sido, de praxe, um meio de aprimorar a visualização do cenário virtual do jogo, utilizado em momentos específicos e de maneira opcional.

Diante desse contexto, o presente artigo propõe o uso da estereoscopia como uma nova variável para a interação dentro dos jogos – fortemente integrada a sua mecânica – e não apenas como mais um recurso visual que o torna mais atrativo.

Como prova de viabilidade da proposta, um protótipo foi projetado e desenvolvido, seguindo o conceito, apresentado por Ximenes et al. [2008], de aplicação do

redesign não apenas a aspectos estéticos, mas de modo que influencie a relação usuário-jogo (jogabilidade).

No trabalho citado, uma releitura dos clássicos “Pac-Man” e “Space Invaders” são avaliados e um *redesign* do segundo é feito com base em pesquisas de imersão (aplicadas a jogadores de diferentes idades) e análises de tendências.

O protótipo desenvolvido no presente trabalho é um *redesign* do clássico “Asteroids”, em que a essência do ambiente do jogo foi preservada, mantendo suas características originais, inclusive o aspecto nostálgico. O jogo, no entanto, é incrementado tanto em termos visuais como em sua jogabilidade, explorando, principalmente, recursos estereoscópicos.

Para que favoreça seu pleno entendimento, este artigo está organizado da forma como segue:

Apresentam-se, na seção 2 uma visão geral sobre a estereoscopia e os equipamentos utilizados em conjunto com as técnicas existentes. A seção 3 trata das aplicações de estereoscopia em jogos eletrônicos, tanto em computadores pessoais como em consoles. A proposta de integração da visão estereoscópica à mecânica dos jogos é apresentada na seção 4 e o protótipo desenvolvido como prova de conceito é detalhado na seção 5.

Na seção 6 são analisados os resultados obtidos e, finalmente, na seção 7 são apresentadas as conclusões e as perspectivas de trabalhos futuros

2. Estereoscopia: uma visão geral

A capacidade de identificar a profundidade dos elementos de uma cena através da visão binocular é uma característica comum aos seres humanos. Baseando-se na disparidade entre as imagens vistas por cada olho, provocada pela diferença espacial entre eles, o cérebro é capaz de determinar corretamente a profundidade de tudo que está sendo visto em determinado instante [Holliman 2002].

Essa visão estereoscópica da cena oferece ao indivíduo uma série de informações, referentes ao ambiente, que não poderiam ser obtidas por meio de uma visão monocular. Os “dados adicionais” adquiridos formam a base de capacidades do tipo: identificar a relação espacial entre os objetos observados (profundidade relativa); concentrar-se nos elementos posicionados a determinada distância, ignorando as profundidades dos demais; reconhecer objetos camuflados em uma cena sem a necessidade de se deslocar; identificar o brilho em metais e pedras preciosas; e reconhecer superfícies curvas.

No estudo realizado por Holliman [2002] é demonstrado matematicamente que, apesar das vantagens citadas, a visão binocular possui limitações relacionadas ao seu alcance. A visão estereoscópica dos seres humanos, segundo o autor, é considerada eficiente em um intervalo que vai de alguns centímetros a frente dos olhos até algumas dezenas de metros. A partir desse ponto obtém-se apenas uma estimativa grosseira da distância dos elementos que fazem parte do campo visual.

A variável determinante utilizada pelo cérebro para identificar a profundidade de um objeto é a disparidade na retina [Siscoutto et al. 2006; Rosenberg 2008]. Essa disparidade representa o espaçamento horizontal de um mesmo ponto do campo visual, quando projetado na retina. Essa característica decorre diretamente da diferença espacial entre os olhos, cada um observando o mundo de um ponto de vista ligeiramente diferente do outro.

Ao simular a estereoscopia em um ambiente virtual, existem recursos para controlar qual é a percepção de profundidade que o observador tem de cada objeto. Provavelmente, o mais importante deles é a distância de convergência, ou em outras palavras, a distância que um objeto deve estar no mundo virtual para que ele seja exibido sem disparidade. Objetos que estão a essa distância da câmera virtual são vistos como se estivessem no mesmo plano da tela, enquanto que objetos mais próximos são vistos como se estivessem “saindo” da tela e objetos mais distantes “entrando” na tela. A Figura 2 ilustra a visão observada por cada olho e a distância de convergência presente na estereoscopia.

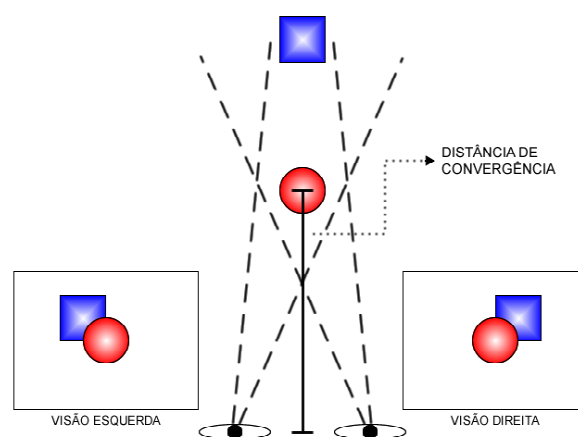


Figura 2: Variáveis da visão estereoscópica: distância de convergência

O resultado do processo de sobreposição da visão de cada olho, o que possibilita identificar a disparidade, pode ser visualizado na Figura 3.

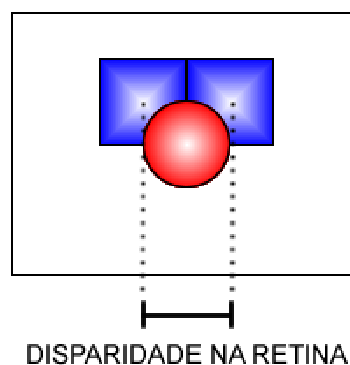


Figura 3: Variáveis da visão estereoscópica: disparidade

Embora a estereoscopia forneça ao cérebro humano a informação primária de profundidade, outras

características da cena podem auxiliar esse processo. A própria anatomia do olho humano faz com que objetos de igual tamanho físico sejam visualizados de tamanhos diferentes, conforme sua distância em relação ao observador. O posicionamento das luzes (sombras), o efeito da oclusão (objetos mais próximos obstruem a visibilidade dos mais distantes), o gradiente da textura (detalhes de textura são mais visíveis em regiões mais próximas ao observador) e a interferência do meio (pó, chuva, nevoa) são elementos que servem como referência, facilitando a identificação da posição correta dos objetos no campo de visão do indivíduo [Siscoutto et al. 2006; Holliman 2002].

Muitos são os meios de se explorar a visão estereoscópica como forma de visualizar níveis de profundidade em um ambiente, sendo que grande parte dessas técnicas são aplicáveis no mundo da computação e, algumas delas, são dependentes de equipamentos especiais. O dispositivo mais antigo utilizado para essa finalidade, denominado estereoscópio [Spiro 2009], baseia-se em um esquema de lentes e espelhos que direcionam as imagens corretas para o olho esquerdo e direito, seguindo princípios da óptica.

Algumas técnicas podem ser aplicadas utilizando-se apenas uma imagem (estereograma) [Watkins e Mallette 1996], ou um par de imagens estereoscópicas, dispensando qualquer tipo de equipamento. Nessas técnicas, para que o efeito possa ser notado, cabe ao usuário direcionar seus olhos a diferentes pontos das imagens. Na técnica chamada visão paralela, o usuário observa as imagens como se estivesse visualizando um ponto distante entre elas, até que uma terceira imagem central entre em foco [Collier 1993]. O mesmo efeito é obtido na técnica da visão cruzada, na qual os olhos do usuário devem convergir enquanto são observadas duas imagens posicionadas de forma invertida, em relação à visão paralela.

A estereoscopia por efeito Pulfrich [Pulfrich 2009] se baseia na característica da visão humana de perceber luz menos intensa mais lentamente. Para criar o efeito tridimensional o observador usa um filtro que escurece a visão de cada olho intercaladamente. Assim ao observar uma animação os olhos têm uma velocidade diferente de percepção, levando a um leve deslocamento entre as imagens observadas. [Siscoutto et al. 2006].

A técnica do Chromadepth [Steenblik 1991] faz uso das cores para estimar a profundidade dos elementos da cena. As lentes dos óculos dotados com essa tecnologia têm a propriedade de desviar a luz de acordo com a sua cor. Esse processo provoca a disparidade entre a visão do olho esquerdo e direito, necessário para o efeito tridimensional. A técnica do anaglifo, largamente difundida, explora a divisão da imagem em seu espectro de cor, alocando uma gama de cores para o olho esquerdo e a gama complementar para o olho direito. Para visualizar uma imagem em anaglifo o observador deve usar óculos especiais com filtros que permitem somente a passagem das cores alocadas para aquele olho.

Além das técnicas citadas, métodos que se baseiam na polarização da luz [Nave 2006] ou na utilização de óculos obturadores nos quais as imagens (esquerda e direita) aparecem de forma alternada para o observador [Starks 2008] são algumas das formas mais utilizadas no mundo da computação para obter efeitos estereoscópicos.

3. Estereoscopia aplicada a jogos

A utilização de técnicas estereoscópicas vem se tornando uma estratégia interessante, ainda que explorada de forma limitada no desenvolvimento de jogos eletrônicos.

Embora alguns estudos indiquem que tal tecnologia pode provocar desconforto a alguns jogadores [Häkkinen et al 2006], ou pode não causar qualquer efeito em ações praticadas dentro de um ambiente imersivo [McMahan et al. 2006], esse recurso tem se mostrado presente em alguns *game engines* [Jacobson et. al. 2005], em dispositivos gráficos para computadores pessoais [Nvidia 2009] e em alguns jogos de console, como o Sly3 [SLY3 2009].

As primeiras experiências estereoscópicas na área se limitavam a oferecer algum suporte que permitia utilizar, em um pequeno número de jogos, um par de óculos 3D [Stereo3D 2009], que aumentava a sensação de imersão do jogador. A geração seguinte, por sua vez, trazia uma extensa lista de títulos, lançados nas décadas de 1980 e 1990, que continha o recurso de forma nativa [Stereo3D 2009].

Com o desenvolvimento de APIs como a Direct3D e o OpenGL, que fazem a comunicação direta com o *driver* da placa gráfica, desde que esta possua um chipset 3D, houve um crescimento do número de jogos que exploravam, de alguma forma, a visão estereoscópica [Stereo3D 2009].

A geração atual de dispositivos gráficos foi elaborada de forma a transformar centenas de jogos em uma experiência estereoscópica, por meio da modificação do *driver* de vídeo do sistema operacional, mesmo que, originalmente, esses jogos não tenham sido projetados para utilização com esse tipo de recurso [Nvidia 2009]. Em relação aos consoles, foram lançados na década de 1990 alguns jogos utilizados com óculos 3D para o Master System, da empresa Sega, que produziam ilusão de profundidade. No Playstation 2 foi adotada a tecnologia do anaglifo, que era utilizada de forma não obrigatório em determinados momentos, dentro de alguns jogos [SLY3 2009].

Ainda no que se refere a consoles, em 2009, no evento Consumer Electronics Show, realizado em Las Vegas, a empresa Sun exibiu protótipos de jogos para o console Playstation 3 (Wipeout HD, Grand Turismo 5 e Motorstorm) usando efeitos de estereoscopia.

4. Integração da estereoscopia a mecânica dos jogos

Apesar da diversidade de estilos e dos diferentes níveis de sofisticação é possível identificar nos jogos

eletrônicos alguns elementos comuns, que fazem parte de sua composição, além de uma forma de classificar tais elementos. Algumas definições relacionadas a base do desenvolvimento do projeto também devem ser consideradas, e não são apenas importantes, mas se fazem necessárias para contextualizar a abordagem proposta.

4.1 Base conceitual

Independentemente de gênero ou do nível de sofisticação gráfica, jogos de computador (ou executáveis em qualquer outra plataforma) possuem características em comum, com elementos que fazem parte de sua composição. Rollings e Morris [2004] classificaram esses elementos em três grupos. São eles:

Integral - vitais para o jogo funcionar adequadamente. A ausência de um elemento desse tipo retira do jogador uma gama substancial de escolhas.

Chrome - intensificam a diversão proporcionada pelo jogo, mas não afetam a jogabilidade. Realçam o “clima” que o jogo transmite ao jogador.

Substituto - caracterizados por apenas proporcionar uma opção equivalente para o jogador. Agregam pouco valor adicional ao jogo.

Tanto as primeiras experiências aplicadas a jogos eletrônicos quanto os protótipos exibidos recentemente em eventos ligados a área trazem a estereoscopia como um acessório visual, o que a classifica, segundo a definição de Rollings e Morris [2004], como um elemento do grupo chrome, influente na estética, mas não na jogabilidade.

Outro conceito importante e que merece destaque são os fatores a se considerar na fase inicial de desenvolvimento de um jogo. Segundo Rouse III [2005], pode-se considerar um entre três aspectos como ponto de partida para um projeto de jogo. São eles:

Jogabilidade - a concepção do jogo começa definindo-se como será a jogabilidade e o gênero: corrida, aventura, simulador de voo, entre outros.

Tecnologia - a base é a tecnologia e o jogo é modelado de forma a explorar ao máximo essa restrição tecnológica.

História - a ideia inicial está baseada em uma história a ser contada no ambiente do jogo, ou no grupo de personagens. Um ponto de partida menos comum do que a jogabilidade e a tecnologia.

Os conceitos descritos, tanto em relação à classificação dos elementos do jogo como em relação às definições e restrições iniciais em que se apóia o projeto foram utilizados como base para a abordagem proposta.

4.2. Abordagem proposta

Com base nos conceitos relacionados à classificação dos elementos que compõem um jogo, discutidos na subseção 4.1, a abordagem proposta procura demonstrar, por meio de uma prova de conceito, a possibilidade de se utilizar a estereoscopia como um elemento do grupo integral. Isso significa que a utilização da visão estereoscópica torna-se essencial,

sem a qual não é possível praticar determinadas ações dentro do jogo. Para isso, fez-se necessário projetar e desenvolver a prova de conceito levando-se em consideração a presença do recurso desde a fase de concepção, como uma restrição adicional do projeto.

No que se refere aos fatores considerados como ponto de partida para o desenvolvimento do projeto, o protótipo implementado se enquadra no segundo caso, no qual a tecnologia a ser empregada é o principal parâmetro para o *design* do jogo. O objetivo é tornar a visão estereoscópica mais um recurso à disposição dos *game designers*, possibilitando a criação de jogos inovadores. Procurou-se, por meio dessa prova de conceito, demonstrar a viabilidade de um *design* que integre fortemente a estereoscopia a sua mecânica e possibilite que outras pessoas avaliem essa nova abordagem. Autores como Breyer [2007] consideram que esse tipo de avaliação é essencial. Para propiciar aos jogadores uma experiência semelhante a de um jogo completo, a implementação foi conduzida de forma a obter o que Hom [1998] define como um protótipo de “alta fidelidade”. Segundo o autor, este tipo de protótipo deve ser o mais fiel possível a um projeto real, em termos visuais, interativos e temporais.

5. Protótipo

O desenvolvimento do protótipo teve como objetivo comprovar a possibilidade de explorar a estereoscopia não só como um adereço visual, mas também como um fator adicional que interfere na jogabilidade de um jogo. Para isso foi considerado desde a etapa de *design* do protótipo o fato de o jogador observar o mundo virtual por meio da estereoscopia.

Devido ao caráter de prova de conceito é conveniente que o jogo possua uma mecânica simples e objetiva, mas que permita explorar a visão estereoscópica do jogador. Segundo Rouse III [2005], uma categoria de jogos que apresenta esta simplicidade são os clássicos de arcade. Com esta consideração, uma forma de manter a simplicidade do protótipo é basear a sua mecânica em um jogo clássico e realizar um *redesign* para incorporar o requisito da estereoscopia.

Rouse III [2005] considera clássicos de arcade os jogos com uma única tela, sem história ou fim definido, e com jogabilidade simples e fácil de aprender.

A inspiração para a mecânica básica do jogo foi o clássico “Asteroids”, no qual o jogador controla uma pequena nave isolada em um campo de asteroides. O objetivo do jogador é destruir o maior número possível desses asteroides, evitando ser atingido por algum deles. A tela do jogo original pode ser visualizada na Figura 4.

Um fator preponderante para a escolha do jogo é a possibilidade de exibir tanto a nave como os asteroides em diferentes profundidades. O tamanho reduzido dos elementos em relação à tela permite utilizar-se de disparidade negativa, recurso que produz ao jogador o efeito de visualizar o objeto “saído” da tela. Essa diferença de tamanho minimiza o risco de se exibir apenas parte de elementos, devido aos limites do

monitor. Isso comprometeria a sensação de profundidade.



Figura 4: Tela do jogo Asteroids original [Retrô 2009].

Apoiado pelo recurso da estereoscopia, o *design* do jogo original foi modificado de forma a existir não em um único plano de interação, mas três planos. Os asteroides surgem arbitrariamente nos planos e o jogador consegue mover a nave de um plano para outro.

O ponto de visão segue o mesmo padrão do jogo original, uma vista superior de um ponto distante do espaço. Assim, o jogador observa os planos de forma sobreposta, perpendicularmente à linha de visão. Isso provoca a ocasional oclusão dos elementos dos planos mais ao fundo por objetos presentes nos planos mais à frente. Este efeito acaba se tornando uma referência a mais para o jogador identificar a posição relativa dos objetos. No entanto, a criação de novos asteroides a todo instante e em diferentes planos e posições faz com que a oclusão ocasional não seja suficiente para se identificar a posição dos objetos no espaço. A estereoscopia, nessas ocasiões, é o principal recurso visual disponível para essa tarefa (Figura 5).

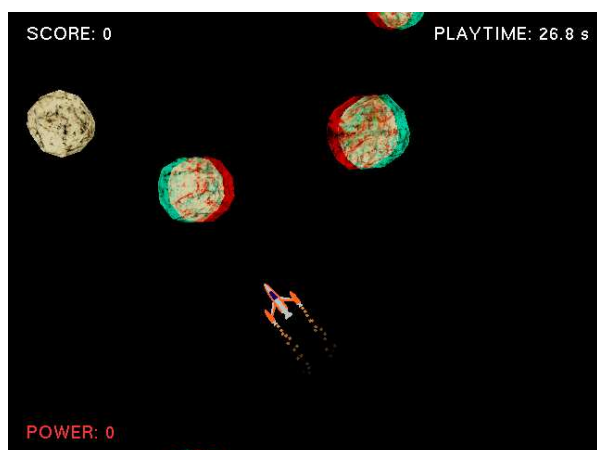


Figura 5: Tela do protótipo em anaglifos.

Uma característica indesejável que foi detectada no início do projeto era causada pelo efeito de perspectiva do ponto de vista que o jogador tem do ambiente virtual. Devido à diferença de profundidade entre os planos, elementos no plano mais a frente apareciam

maiores do que os elementos nos outros dois planos. Consequentemente, a área de jogo era diferente dependendo do plano que o jogador estava posicionado. Considerando que a intenção era manter a mesma jogabilidade independente do plano onde o jogador se encontrava, a decisão foi eliminar o efeito de perspectiva por completo. Esta ação reforçou ainda mais a visão estereoscópica como o principal recurso disponível para identificar a profundidade dos objetos dentro do jogo.

Embora esta mudança de um plano de jogo do “Asteroids” original para três planos do protótipo já explorasse fortemente a estereoscopia, uma característica adicional foi incorporada ao *design* do jogo de modo a explorar ainda mais a visão estereoscópica. Esta característica está presente na forma de uma habilidade especial, a qual o jogador pode ativar esporadicamente. Esta habilidade proporciona a fusão dos três planos de profundidade em um único plano (Figura 6), possibilitando ao jogador destruir qualquer asteroide, independente do seu plano de origem.

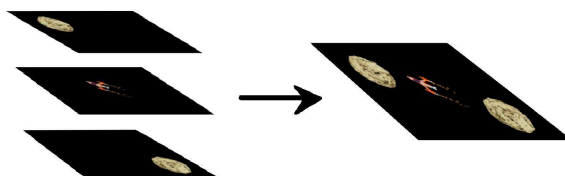


Figura 6: Fusão dos três planos de profundidade em um único plano.

Esta habilidade proporciona ao jogador uma forma de controlar este novo grau de liberdade proporcionado pela estereoscopia, mesmo que de maneira limitada. Além deste recurso de habilitar ou desabilitar a estereoscopia em determinado contexto do jogo, é possível explorar também as variáveis que controlam a disparidade e a distância de convergência que o jogador observa. Embora no protótipo estes recursos não tenham sido explorados, estas variáveis permitiriam controlar características como, por exemplo, quais objetos são vistos como se estivessem “saindo” da tela ou a relação entre a profundidade do objeto no ambiente virtual e a percepção que o jogador tem desta profundidade.

Em termos de tecnologia, os softwares utilizados são todos de distribuição livre. O ambiente de desenvolvimento foi o Visual Studio C++ Express. A linguagem OpenGL, que fornece acesso direto aos recursos de baixo nível necessários para a criação das soluções de visualização estereoscópicas, foi utilizada no desenvolvimento do protótipo. As soluções que o jogo suporta, atualmente, são: anaglifos, óculos obturadores, óculos polarizados e Head Mounted Displays (HMD).

Os objetos 3D utilizados foram modelados por meio da ferramenta Blender, com texturas em formato jpeg. Uma limitação imposta em favor da compatibilidade com a técnica de anaglifos foi o espectro de cores disponíveis para o jogo. Para que os objetos possam ser

vistos por ambos os olhos é necessário que eles possuam cores com componente vermelha e também azul (ou verde).

6 Resultados

O desenvolvimento do protótipo se manteve conforme a especificação, respeitando o modelo conceitual elaborado para o jogo. Os testes foram aplicados a 10 (dez) jogadores, utilizando visualização estereoscópica por anáglifos e por óculos obturadores.

De forma geral, os jogadores conseguiram perceber as três camadas de asteroides, no entanto, alguns mostraram dificuldade para visualizar os níveis de profundidade por meio de anáglifos.

Uma dificuldade que se mostrou comum aos jogadores foi a adaptação à integração entre visualização e jogabilidade. Observou-se que a curva de aprendizado para adequar-se ao protótipo é mais intensa, quando comparada à curva de um jogo clássico de arcade.

Nos tópicos seguintes são exibidos os resultados obtidos da experiência, em relação à jogabilidade e visualização do protótipo

6.1 Visual

A utilização do recurso da visão estereoscópica para possibilitar a visualização de níveis de profundidade no ambiente contribuiu de forma significativa para enriquecer o aspecto visual do jogo, que se mostrou integrado plenamente ao efeito.

As camadas nas quais os asteroides vagam foram dispostas de forma que a do meio fosse percebida como se estivesse no plano da tela, a superior “saindo” da tela e a camada inferior, “entrando” na tela.

Uma característica importante de ser lembrada é que a projeção do ambiente virtual não considera o efeito de perspectiva. Portanto, o tamanho dos objetos não é influenciado pela profundidade que eles estão posicionados no ambiente. O requisito de não utilizar tal efeito torna possível unir os três planos em um único (estratégia que pode ser utilizada pelo jogador), sem haver distorções no tamanho dos objetos.

No momento em que o jogador atinge um asteroide por meio de um disparo, uma pequena explosão de partículas é gerada. Essas partículas são posicionadas no mesmo plano que o asteroide destruído e funcionam como uma referência adicional para identificar a profundidade dos objetos. Na Figura 7 é mostrado o efeito da explosão em anáglifos, note que as partículas também são criadas com efeito estereoscópico.

Embora todos os jogadores que participaram do experimento foram capazes de identificar que havia uma diferença de profundidade entre elementos do jogo, somente alguns percebiam de imediato a disposição espacial dos objetos. A maioria necessitava de um tempo de adaptação para que a cena fosse compreendida plenamente. De modo geral, o tempo de adaptação foi menor quando se utilizou estereoscopia por óculos obturadores, em relação à técnica de anáglifos.

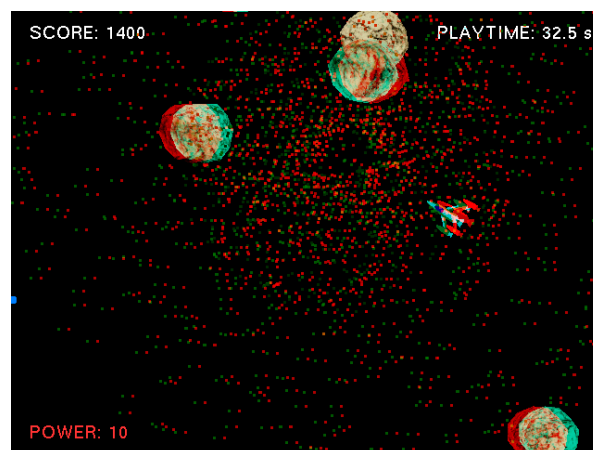


Figura 7: Tela com explosão

6.2 Jogabilidade

A essência da jogabilidade permaneceu como a do jogo “Asteroids” original, na qual o jogador movimentava sua nave pelo plano da tela, desviando dos asteroides ao mesmo tempo em que tenta destruí-los. Um ponto positivo desta mecânica simples foi a redução da curva de aprendizado do jogo, pois restringe o escopo de aspectos que o jogador deve assimilar.

Um dos maiores desafios para os jogadores, como era esperado, foi utilizar a percepção de profundidade estereoscópica para tomar suas decisões dentro do jogo. De início, os jogadores levam algum tempo identificando a profundidade relativa dos objetos, o que diminui o tempo disponível para decidir qual comando executar.

Após o tempo de adaptação, que pode ser da ordem de minutos, a identificação da profundidade dos objetos se torna um processo natural e a experiência proporcionada pelo jogo pode ser apreciada plenamente.

Alguns jogadores demonstraram maior dificuldade em identificar a profundidade quando a visualização da tela era feita por meio de anáglifos, mesmo depois de minutos de jogo. Essa dificuldade contribuiu para que esses usuários tivessem um desempenho abaixo da média, possivelmente devido a decisões fracas causadas pela identificação errônea da profundidade dos objetos.

7. Conclusão

A estereoscopia é uma técnica conhecida há algum tempo, porém ainda é explorada de forma limitada por desenvolvedores de jogos. Os primeiros jogos a utilizar o recurso, assim como os mais recentes, se apoiam na técnica como mais um adereço visual.

A utilização da estereoscopia de forma mais integrada à mecânica do jogo, sendo considerada desde os primeiros passos de seu *design*, se mostrou uma estratégia inovadora, proporcionando um novo recurso para ser explorado na jogabilidade. A viabilidade da proposta pôde ser comprovada por meio de um

protótipo, desenvolvido como prova de conceito e que permitiu experimentos com jogadores.

A observação do desempenho dos usuários possibilitou concluir que um período de adaptação se faz necessário, principalmente para novos jogadores, que dependem muito esforço para compreender a cena com estereoscopia. Após esse período, a sensação de profundidade se torna natural e o jogador consegue usufruir plenamente dos recursos do jogo. Desafios específicos para essa fase de adaptação podem ser criados.

Baseado nos resultados obtidos acredita-se que a integração da estereoscopia com a mecânica do jogo é uma alternativa viável e interessante para o *design* de *games*.

Este trabalho mostrou a viabilidade de se explorar estereoscopia em jogos, o que abre um grande potencial ainda a ser explorado, para inovação no processo de *design*. Uma expansão trivial é avaliar a integração de outras variáveis que a estereoscopia proporciona a mecânica dos jogos. Identificar, por exemplo, como a disparidade e a distância de convergência podem influenciar na criação de novos *designs*. Outro aspecto aberto para pesquisas é a comparação da estereoscopia com outros recursos de percepção visual. Um exemplo nessa direção seriam pesquisas para reconhecer em que momento é melhor utilizar uma segmentação por cores do que basear-se na profundidade para indicar diferenças de posição para um jogador. Mais uma vertente aberta nessa pesquisa é a formalização de resultados encontrados, como a necessidade de um tempo de adaptação até os jogadores conseguirem interpretar naturalmente a profundidade dos objetos. Nesse sentido, as condições para que ocorra esse tempo de adaptação e o tempo médio para que o jogador se adapte são variáveis desconhecidas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP, pelo apoio financeiro, à CAPES, pela bolsa de estudos de Silvano R. R. Sanches e aos estudantes Carina Missae e Pedro Câmara, pela modelagem dos objetos virtuais exibidos no protótipo. Esta pesquisa é parte do projeto TIDIA-Ae Fase II [TIDIA-AE 2009], financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (proc. 2005/60618-1).

Referências

- BREYER, F. CREDIDIO, D. NEVES, A. Prototipagem Rápida para Avaliação de Game Design. Proceedings of SBGames 2007: Art & Design Track.
- COLLIER, I. Stereo-Pair Images. Iam Collier 3d Photographs 1993. Disponível Em: <http://Users.Comlab.Ox.Ac.Uk/Ian.Collier/3d/Stereo.Html> [Acessado Out, 2008].
- HÄKKINEN, J., PÖLÖNEN, M., TAKATALO, J. AND NYMAN, G., 2006. Simulator sickness in virtual display gaming: a comparison of stereoscopic and non-stereoscopic situations. In: *MobileHCI '06: Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services, Helsing*. New York: ACM Press, 227-230.
- HOLLIMAN, N. S., AND HOLLIMAN D. N. 2002. 3D Display Systems. Tech. Rep.
- HOM, J. The Usability Methods Toolbox Handbook,1998. Disponível em: <http://www.idemployee.id.tue.nl/g.w.m.rauterberg/lecturenotes/UsabilityMethodsToolboxHandbook.pdf> [Acessado 1 Jul 2009].
- JACOBSON, J., LE RENARD, M., LUGRIN, J.L. AND CAVAZZA, M., 2005. The CaveUT system: immersive entertainment based on a game engine. In: *ACE '05: Proceedings of the 2005 ACM SIGCHI International Conference on Advances in computer entertainment technology, Valencia*. New York: ACM Press, 184-187.
- MCMAHAN, R.P., GORTON, D., GRESOCK, J., MCCONNELL, W. AND BOWMAN, D.A., 2006. Separating the effects of level of immersion and 3D interaction techniques. In: *VRST '06: Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology, Limassol* New York: ACM Press, 108-111.
- NAVE, C.R. HyperPhysics. Georgia State University. 2006. Disponível em: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/HFrame.html> [Acessado Out, 2008].
- NVIDIA. 2009. *NVIDIA 3D Vision Game Support* [online] Nvidia Corporation. Disponível em: http://www.nvidia.com/object/GeForce_3D_Vision_3D_Games.html [Acessado 10 Jun 2009].
- PULFRICH. 2009. *The Pulfrich Effect: Pulfrich (1922)*. Disponível em: http://www.siuc.edu/~pulfrich/Pulfrich_Pages/lit_pulf/1922_Pulfrich.htm [Acessado 02 Jul 2009].
- RETRÔ. 2009. *Retrô Game Site*. Disponível em: <http://www.retrogamesite.com/arcadehistory.php/> [Acessado 11 Jul 2009].
- ROOLLINGS, A. AND MORRIS, D. Game Architecture and Design: A New Edition. New Riders, 43-45.
- ROSENBERG, L.B., 1993. The effect of interocular distance upon operator performance using stereoscopic displays to perform virtual depth tasks. In: *IEEE Virtual Reality Annual International Symposium*, Seattle, 27-32.
- ROUSE III, R. Game Design: Theory & Practice. Wordware Publishing.
- SISCOUITTO, R.A. SZENBERG, F. TORI, R. RAPOSO, A.B. CELES, W. GATTASS, M. Estereoscopia. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada, VIII Symposium on Virtual Reality, 2006.
- SLY3, 2009. *SLY3: Honor Among Thieves*. Playstation. Disponível em: <http://www.us.playstation.com/Sly3/> [Acessado 13 Mai 2009].
- SPIRO, L. *A Brief History of Stereographs and Stereoscopes*. Disponível em: <http://cnx.org/content/m13784/latest/> [Acessado 29 Jun 2009].

STARKS, M. Stereoscopic Imaging Technology. Stereoscopic Imaging Technology, 3DTV Corporation. Disponível em: <http://www.3dmagic.com/articles/sit.html> [Acessado Out, 2008].

STEENBLIK, R. A. *Stereoscopic process and apparatus using different deviations of different collors*, Georgia Tech Research. United States Patents nº 5,002,364. 26 Mar 1991.

STEREO3D, 2009. *Native Stereoscopic 3D Games*. [online] The independent 3D and Virtual Reality resource. Disponível em: <http://www.stereo3d.com/3dhome.htm> [Acessado 20 Mai 2009].

TIDIA-AE, 2009. *Tidia aprendizado eletrônico*. Disponível em: <http://tidia-ae.incubadora.fapesp.br/portal> [Acessado em Jun 2009]

WATKINS, C. D., MALLETT, V. P., 1996. *Stereogram Programming Techniques*. Charles River Media, Inc.

XIMENES, M. MOURA, L. MALCHER, F. NEVES, A. CAMPOS, 2008. F. Redesign de Jogos Clássicos. *Proceedings of SBGames, Art & Design Track*. 48-53.