

Capítulo 1

Realidade Virtual

Romero Tori

Marcelo da Silva Hounsell

Claudio Kirner

Este capítulo apresenta os conceitos fundamentais relacionados à Realidade Virtual (RV), tais como sua definição, histórico e caracterização. São discutidos os conceitos de real, virtual, presença e imersão. O texto traz também uma visão geral sobre as principais tecnologias, técnicas, equipamentos, arquiteturas e aplicações da realidade virtual, temas esses que serão aprofundados nos demais capítulos deste livro.

1.1 Introdução

Aparentemente “Realidade Virtual” é um termo contraditório. Como algo que é virtual poderia ser ao mesmo tempo real? De fato, os ambientes virtuais são, ao mesmo tempo, reais. São realidades diferentes, alternativas, criadas artificialmente, mas são percebidas pelos nossos sistemas sensoriais da mesma forma que o mundo físico à nossa volta: podem emocionar, dar prazer, ensinar, divertir e responder às nossas ações, sem que precisem existir de forma tangível (tocável). Até mesmo a tangibilidade já começa a fazer parte dos ambientes virtuais, tornando-os cada vez menos distinguíveis da “realidade real”.

A tecnologia hoje permite o acesso a ambientes sintéticos, imersivos e de alta definição, que conseguem nos transportar para realidades alternativas, a baixo custo. Basta um *smartphone* de última geração e um visor de papelão dobrável de custo irrisório para termos acesso a experiências imersivas que, há alguns anos, eram acessíveis a apenas poucos privilegiados com acesso a equipamentos caríssimos. Mas na essência, fora a economia de escala e o aprimoramento técnico (imagens com maior definição, sensores mais precisos, menos atrasos etc.), não há muita diferença entre conceitos, técnicas e tecnologias atuais e aqueles utilizados em gerações anteriores da realidade virtual. Os principais são discutidos a seguir.

1.1.1 Real e Virtual

É comum a contraposição entre real e virtual, como se o virtual fosse algo que de fato não existisse. Em alguns contextos, o termo virtual tem mesmo esse significado, como nas ilusões de óptica geradas por lentes e espelhos que produzem imagens que existem apenas em nossas mentes. Mas o que chamamos de realidade é formada por tudo aquilo que é captado por nossos sentidos. Logo, com exceção de coisas imaginadas na própria cabeça, seja durante o sonho ou provocadas por drogas ou doenças, todos os estímulos que vêm do meio externo e são percebidos pelos nossos

sentidos, incluindo imagens atrás de espelhos ou projetadas tecnologicamente, compõem a nossa realidade.

O significado de “virtual” é potencial (do latim *virtus*, que significa força, energia, potência), ou seja, um elemento virtual é algo que tem potencial para vir a se tornar aquele elemento. Sementes de café possuem potencial para se tornar um cafézinho, mas também têm potencial para se transformar em plantas de café. O arquivo digital que representa um modelo 3D de uma chaleira tem potencial para se tornar uma chaleira de verdade, por meio de uma impressora 3D, mas também pode se tornar a imagem de uma chaleira exibida num tablet, por exemplo. Podemos então chamar sementes de café (reais) de cafézinho virtual, ou de planta de café virtual, assim como aquele arquivo do modelo 3D é uma chaleira virtual e também a imagem de uma chaleira virtual. A semente é real e ao mesmo tempo uma planta virtual, ou um cafézinho virtual. O arquivo digital é real e ao mesmo tempo um objeto virtual, ou imagem virtual. O que desencadeia a confusão que se faz com esses conceitos é que uma árvore virtual (semente) não pode ser ao mesmo tempo a árvore real. Mas isso não significa que a semente não seja real, ela apenas não é a árvore real. Ainda que seja algo diferente daquilo que virtualiza, o virtual certamente existe (caso contrário não teria potencial para nada).

Como visto, o arquivo digital de uma imagem é uma imagem virtual. Quando essa imagem é materializada, seja em papel, seja na tela de um computador, passa a ser real. Mesmo assim é usual continuarmos a chamar essa imagem de virtual. A foto de uma pessoa não é o virtual daquele indivíduo, uma vez que não tem potencial para nele se transformar. A foto é real e é a representação de algo, não é o virtual daquilo que representa. No entanto, tendo em vista que o termo virtual já é de uso comum quando nos referimos a elementos e ambientes criados por meios digitais (desde que não materializados por meio de impressora, de papel ou 3D), usaremos neste texto o seguinte significado para virtual, no contexto das tecnologias digitais, ainda que não rigorosamente aderente aos conceitos trazidos por filósofos, como Pierre Levy (2003), já discutidos acima :

“Virtual se refere a ambientes ou elementos que são sintetizados por meio de dispositivos digitais e que podem ser replicados de forma imaterial”.

Por outro lado utilizaremos a seguinte definição de real, tendo em vista nossa experiência prática e os objetivos desta obra:

“Real se refere a ambientes ou elementos que o usuário considere como sendo pertencentes à sua realidade.”

Na área de RV, durante muito tempo real e virtual eram tratados como mutuamente exclusivos. O objetivo da RV era tirar do usuário a percepção do mundo real e fazê-lo se sentir apenas no ambiente virtual, como continua a ser hoje. Na década de 1990, no entanto, surgiu o conceito de realidade aumentada (RA) (ver cap. 2) e a mistura entre

real e virtual passou a ser uma possibilidade. Em 1994 um importante artigo publicado por Milgram e mais três colegas (Milgram et. al., 1994) apresentou o que passou a ser conhecido como “Contínuo real-virtual” ou “Contínuo de Milgram” (Fig. 1.1).

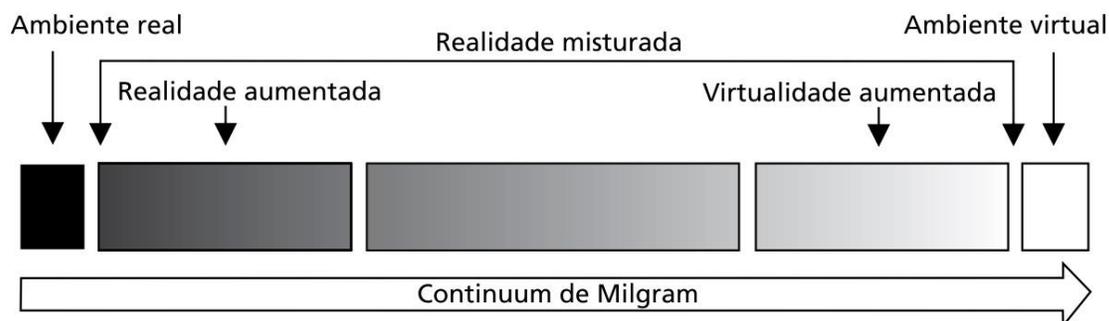


Figura 1.1 Contínuo Real-Virtual, conforme proposta por Milgram et. al. (Milgram et. al., 1994). Adaptado do original por Tori (2017).

A RV se situa no extremo direito, enquanto que o mundo “real” encontra-se no extremo esquerdo. A RA é obtida quando o usuário, sentindo-se no ambiente real, pode interagir com elementos virtuais devidamente registrados tridimensionalmente com o espaço físico real. Já a virtualidade aumentada (VA) ocorre quando o usuário é transportado para uma realidade sintética (virtual) enriquecida com elementos do mundo real. Um exemplo de VA é o chamado vídeo avatar (Siscoutto e Tori, 2004), técnica que captura o vídeo de uma pessoa em tempo-real e o introduz como um avatar no ambiente virtual. Outra possibilidade, que começa a ser utilizada em parques de diversão, é fazer com que as sensações do mundo real sejam incorporadas ao ambiente virtual, como numa montanha russa em que os participantes usam capacetes de RV e, portanto, não vêem nada do mundo real, mas os acontecimentos do ambiente virtual são registrados e sincronizados com os movimentos, esses reais, da montanha russa. Há autores, como Jerald (2015), que consideram os vídeos imersivos como um tipo de VA. Ainda que alguns autores prefiram fazer essa distinção, na prática é muito difícil definir os limites de onde termina um tipo de realidade e começa outro. A única distinção clara é aquela existente entre os ambientes totalmente virtuais, os totalmente reais e aqueles que misturam real e virtual em qualquer proporção. A denominação mais adequada para esse último é “realidade misturada”, como propõe o “Contínuo de Milgram”. No entanto, o termo “realidade aumentada” (RA) é hoje mais difundido e consolidado, usado muitas vezes como sinônimo de Realidade Misturada. Neste livro utilizaremos RA para englobar todas as variações de mistura entre real e virtual, ou seja, com o mesmo significado que “realidade misturada” exceto no capítulo 2 pois este trata especificamente e em maior profundidade este conceito e suas derivações e tecnologias.

1.1.2 Imersão e Presença

Imersão e presença são dois conceitos bastante relacionados com a realidade virtual e também entre si. O primeiro é objetivo, enquanto que o segundo é subjetivo.

Imersão se refere a quão preciso determinado sistema computacional é ao prover ao usuário a ilusão de uma realidade diferente daquela na qual este se encontra, ou seja, é o nível objetivo em que um sistema de RV envia estímulos aos receptores sensoriais do usuário. (Slater; Wilbur, 1997). Portanto, é possível mensurar e comparar a qualidade imersiva de sistemas de realidade virtual.

Tipicamente as variáveis que definem a imersão são (Cummings et al., 2012):

Qualidade da imagem: realismo e fidelidade da síntese de imagem, envolvendo resolução, frequência, qualidade do mapeamento de texturas, níveis de detalhamento.

Campo de visão: campo de visão que o usuário consegue ter ao interagir com o ambiente virtual.

Estereoscopia: possibilidade ou não de o sistema prover visão estereoscópica.

Rastreamento: graus de liberdade, precisão, tempo de resposta e outros atributos de qualidade do sistema de rastreamento.

Os parâmetros de imersão listados são fortemente focados no sentido da visão, o mais importante em sistemas de realidade virtual, mas a imersão pode também ser aprimorada com os demais sentidos, como audição e tato. Jerald (2015) faz uma caracterização mais abrangente das variáveis que definem o nível de imersão de um sistema:

Abrangência: quantidade de diferentes modalidades sensoriais propiciadas ao usuário, tais como visual, auditiva e tátil.

Combinação: congruência entre as diferentes modalidades sensoriais (exemplo: a imagem exibida corresponde ao movimento de cabeça, o som é sincronizado com a imagem etc.)

Envolvimento: extensão em que os sentidos são envolvidos panoramicamente (campo de visão, áudio espacial, rastreamento de movimentos da cabeça, etc.).

Vivacidade: qualidade da simulação (resolução, taxa de quadros, iluminação, fidelidade do áudio etc.)

Interatividade: capacidade de o usuário interferir no ambiente, resposta dos elementos do ambiente às ações do usuário e possibilidades de interferência em acontecimentos futuros.

Enredo: fluência, consistência e qualidade da narrativa e do comportamento do ambiente e dos elementos nele presentes.

É possível, portanto, se definir, e comparar, de forma objetiva o grau de imersão propiciado por determinados sistemas. Mas nem com o mais imersivo dos ambientes é possível garantir que o usuário irá de fato se sentir presente ao utilizá-lo.

Presença é um estado de consciência: a percepção psicológica que o usuário tem de estar no ambiente virtual. (Slater; Wilbur, 1997). Por ser uma percepção subjetiva é muito difícil fazer uma avaliação objetiva de quão presente um usuário está se sentindo em determinado ambiente. Por esse motivo a técnica mais difundida de se medir a percepção de presença é por meio de questionários. Há questionários padronizados e aceitos pela comunidade de pesquisadores desse campo para se mensurar presença (Laarni et al., 2015).

São inúmeras as tentativas de definir presença. Lombard e Jones (2015) fazem uma boa revisão dessas definições. Neste livro usaremos uma delas, proposta por Lombard e Ditton (Lombard; Ditton, 1997), pois tem como referência as mídias, tema de interesse para boa parte do público-alvo desta obra. Segue a definição:

“Presença é a ilusão perceptiva de não mediação.”

Tendo em vista o conceito de presença como ilusão de não existência de mediação, designers, engenheiros, cientistas da computação, profissionais de interface humano-computador (IHM), entre outros envolvidos com o desenvolvimento de ambientes virtuais e aplicações de telepresença, podem tomar decisões objetivas de redução da “visibilidade” da mídia. Ainda que não se possa garantir a eficácia na percepção subjetiva de 100% das pessoas, tais ações objetivas (digamos trocar a tela de TV por uma projeção “holográfica” - ver Cap. 4) podem contribuir para aumentar a percepção de presença na maioria dos participantes. Usando-se prototipagens e as técnicas de mensuração da percepção de presença (Laarni et al., 2015) é possível avaliar estatisticamente, por meio de experimentos controlados envolvendo representantes do público-alvo, o grau de impacto na percepção de presença de determinada decisão de projeto.

Há 4 tipos de ilusão de presença (Jerald, 2015):

Espacial: sentir-se em determinado local.

Corporal: sentir que tem um corpo.

Física: poder interagir com os elementos do cenário.

Social: Poder se comunicar com os personagens do ambiente.

1.1.3 Definição e Caracterização

Há muitas definições de Realidade Virtual (RV), algumas mais focadas em tecnologia, outras na percepção do usuário. Tori e Kirner (2006) definiram da seguinte forma:

“A Realidade Virtual (RV) é, antes de tudo, uma “interface avançada do usuário” para acessar aplicações executadas no computador, tendo como características a visualização de, e movimentação em, ambientes tridimensionais em tempo real e a interação com elementos desse ambiente. Além da visualização em si a experiência do usuário de RV pode ser enriquecida pela estimulação dos demais sentidos como tato e audição.”

Nesta obra usaremos a definição de Jerald (2015):

“Realidade Virtual é definida como um ambiente digital gerado computacionalmente que pode ser experienciado de forma interativa como se fosse real.”

1.1.4 Arquiteturas de sistemas

A Figura 1.2 mostra um diagrama simplificado do processamento de um sistema de realidade virtual.

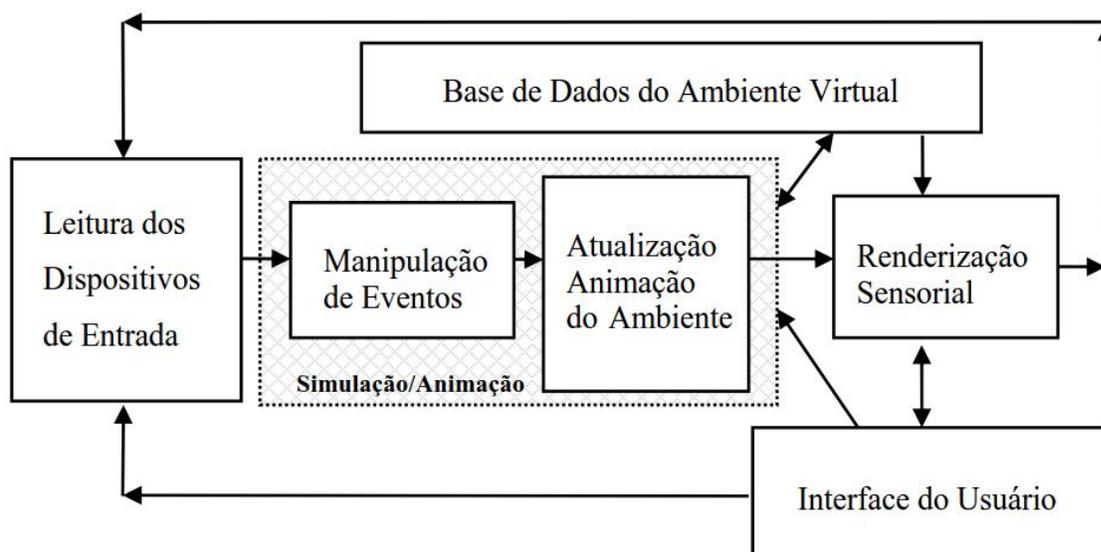


Figura 1.2. Processamento do sistema de realidade virtual.

Um ciclo de processamento pode ser resumido em: leitura dos dados dos dispositivos de entrada, execução da simulação/animação e renderização sensorial. A renderização sensorial é considerada de forma ampla e engloba: renderização visual, auditiva e háptica. Considerando que o sistema funciona em tempo real, o tempo entre a leitura

dos dados de entrada e a respectiva renderização é chamado tempo de latência ou tempo de reação do sistema. Para não causar desconforto e garantir a condição de presença do usuário, o tempo de latência deve ser baixo (< 20 ms). Atualmente os dispositivos de Realidade Virtual já oferecem tempo de resposta menor que 10 ms.

Para alcançar um tempo de resposta baixo, algumas das abordagens utilizadas são:

- 1) Utilizar a técnica de Timewarp/Reprojection.
- 2) Diminuir o tempo de atualização de todos os pixels
- 3) Aumentar a taxa de atualização
- 4) Otimização de GPU buffering
- 5) Previsão do movimento da cabeça do usuário

Os computadores usados para suportar sistemas de realidade virtual variam de dispositivos móveis e computadores pessoais, equipados com placas gráficas adequadas, até estações de trabalho com múltiplos processadores ou mesmo redes de computadores trabalhando como *grids* ou *clusters*. Na prática, o ambiente computacional deverá ser tal que consiga coordenar a visualização e os sinais de entrada e saída em tempo real com uma degradação aceitável .

O sistema deverá possuir canais de entrada e saída para interagir com o usuário. Os canais de entrada são basicamente usados para coletar a posição e orientação da cabeça e das mãos do usuário e, eventualmente, a situação de dispositivos de tato e força. Os canais de saída são usados para a visualização, emissão do som e emissão de reação de tato e força. A descrição do ambiente virtual constitui-se de um banco de dados que deve ser carregado na memória sempre que for necessário. Quando a quantidade de informação for muito grande, ela deverá ser carregada por partes de acordo com a navegação do usuário, pois somente a vizinhança será visível. Dependendo do tipo de sistema de computação e do número de usuários, o banco de dados poderá ser único, replicado ou particionado.

Em qualquer sistema de realidade virtual, os serviços de tempo real são fundamentais, pois têm a função de coordenar os outros componentes e de fazê-los se comportarem coerentemente. As tarefas típicas desses serviços são o gerenciamento do banco de dados do sistema de realidade virtual, o controle dos canais de E/S, o tratamento da detecção de colisão, o gerenciamento dos recursos de rede e do processador, entre outros. De alguma maneira, todas essas tarefas deverão funcionar com a velocidade suficiente para assegurar o comportamento em tempo real. Uma maneira natural de organizar o software do sistema de realidade virtual é dividir os serviços em processos que possam ser executados em paralelo num sistema de multiprocessamento. Esses processos autônomos incluem as tarefas de rastreamento da cabeça e mãos, detecção de colisão, tratamento de áudio, controle do comportamento reativo, geração de imagens, simulação física, gerenciamento do banco de dados, tratamento dos gestos, controle de outros periféricos e da rede, tratamento da interface do usuário, etc. Isto reduz a latência, assegurando o desempenho necessário do sistema.

Assim, um sistema de realidade virtual apresenta dois componentes básicos: hardware e software. O hardware engloba os dispositivos de entrada, displays multisensoriais, processadores e redes. O software inclui controladores de simulação/animação, ferramentas de autoria, banco de dados de objetos virtuais, funções de interação e interface de entrada e saída.

1.1.4.1 Hardware

O hardware de realidade virtual envolve uma grande variedade de dispositivos de entrada, que servem para ajudar o usuário a se comunicar com o sistema de realidade virtual. Entre esses dispositivos, podem-se citar: rastreadores, luvas, mouses 3D, teclado, joystick, reconhecedores de voz, etc.

Os displays são tratados como elementos sensoriais de saída, envolvendo mais do que a visão. Entre os elementos de saída, estão os displays visuais, os displays de áudio e os displays hápticos. Os processadores são elementos importantes do sistema de realidade virtual, que têm se beneficiado dos avanços tecnológicos e das tendências de mercado de videogames, dirigindo-se para aplicações tridimensionais complexas. Eles envolvem tanto os processadores principais, quanto os processadores de apoio existentes em placas gráficas, sonoras e outras placas de processamento especializado. Além disso, o hardware pode envolver ambientes de processamento paralelo e de supercomputadores.

1.1.4.2 Software

Sistemas de realidade virtual são complexos e envolvem interações em tempo real entre muitos componentes de hardware e software. O software de realidade virtual atua na fase de preparação do sistema, como software de autoria de ambientes 3D, e na fase de execução, como run-time support. O software de autoria pode envolver: linguagens, como C++, C#, Java ou Python; bibliotecas gráficas, como OpenGL, WebGL ou X3D; ou mesmo game engines, como OGRE, UNREAL, Unity 3D e outros. As game engines tem sido a opção preferida dos desenvolvedores, principalmente Unreal e Unity 3D, dada a facilidade propiciada por seus ambientes de desenvolvimento, por oferecerem suporte para a maioria dos dispositivos e HMDs do mercado, e por gerarem aplicativos e executáveis para diferentes plataformas e sistemas operacionais. Esse dois citados engines são comerciais mas oferecem licenciamento gratuito para uso pessoal e/ou sem fins lucrativos. A preparação dos ambientes virtuais envolve modelagem 3D, preparação e manipulação de texturas, manipulação de som, elaboração de animações, etc.

Como run-time support, o software de realidade virtual deve: interagir com os dispositivos especiais; cuidar da interface com o usuário; tratar de visualização e interação; controlar a simulação/animação do ambiente virtual; e implementar a comunicação em rede para aplicações colaborativas remotas. Em alguns casos, o

software de realidade virtual precisa ser complementado com outros recursos, como ocorre com a linguagem WebGL, que deve ser integrada com a linguagem Javascript, para permitir o desenvolvimento de ambientes executados por *browsers*. Em outros casos, o software de realidade virtual já possui esses recursos, ou módulos opcionais, que permitem seu uso de forma completa, como os ambientes Unity 3D e Unreal.

1.1.4.3 Redes de Computadores

As redes de computadores, embora sejam elementos opcionais, estão cada vez mais sendo incorporadas em aplicações de realidade virtual, principalmente com o crescimento dos recursos da Internet e da tendência de aumento no uso de trabalhos colaborativos em diversas áreas. Entretanto, pelo fato de a realidade virtual não demandar tráfego de imagens na rede, embora use *downloads* esporádicos de textura, a vazão necessária é muito baixa. Isto faz com que uma rede de computadores tenha condições de acomodar centenas ou milhares de usuários em aplicações colaborativas. A rede deverá fazer o *download* das aplicações, no início da execução, e a comunicação de poucos dados de informação e de posicionamento dos objetos virtuais do cenário, ao longo da execução. Além disso, para diminuir ainda mais o tráfego dos dados na rede, durante a execução, são usadas técnicas que economizam tráfego, como *dead-reckoning*, e nível de detalhes (*level of details* - LOD). A técnica de *dead-reckoning* permite que a aplicação só envie dados no caso de diferirem de um certo valor dos dados calculados remotamente, enquanto que o nível de detalhes é muito útil para os casos de *download* dinâmico de partes do mundo virtual –dependendo da distância do usuário, versões simplificadas dos objetos virtuais podem ser baixadas.

1.2 Histórico

Coube a um cineasta, na década de 1950, a concepção do primeiro dispositivo que propiciava a imersão dos sentidos do usuário em um mundo virtual tridimensional, a um engenheiro, na década de 1960, a construção do primeiro capacete de realidade virtual e a um profissional misto de artista e cientista da computação, na década de 1980, a proposta do termo que veio a consolidar-se como denominação da área tema deste livro. Como se vê, apesar de ser relacionada com tecnologia computacional de ponta, a Realidade Virtual (RV) não é uma área de pesquisa tão recente quanto possa parecer, nem restrita a profissionais da computação. De fato, a RV trabalha na ponta do desenvolvimento científico e tecnológico, buscando sempre interfaces interativas mais próximas aos sentidos humanos. Contudo, o que hoje é considerado RV pode vir a ser a interface padrão do computador do futuro, e realidade virtual passar a ser a denominação de alguma nova tecnologia, que neste momento está sendo concebida nos laboratórios de pesquisa. Hoje, diversas outras áreas de pesquisa e desenvolvimento também se apropriam e se beneficiam dos avanços da tecnologia de RV, como os jogos de computador, as interfaces homem-máquina e as artes.

O termo Realidade Virtual (RV) foi cunhado no final da década de 1980 por Jaron Lanier (Biocca; Levy, 1995, p. 35), artista e cientista da computação que conseguiu convergir dois conceitos aparentemente antagônicos em um novo e vibrante conceito, capaz de captar a essência dessa tecnologia: a busca pela fusão do real com o virtual. No entanto, foi muito antes da denominação definitiva que surgiram as primeiras propostas e os primeiros resultados que alicerçaram a Realidade Virtual. Na década de 1960, logo após criar o Sketchpad (Figura 1.3), sistema com o qual fincou as bases do que hoje conhecemos como computação gráfica, Ivan Sutherland passou a trabalhar no que chamou de “Ultimate Display” (Sutherland, 1965) (Packer; Jordan, 2002) e produziu, no final da década de 1960, o primeiro capacete de realidade virtual (Figura 1.4), precursor de uma série de pesquisas e desenvolvimentos que hoje possibilitam aplicações como aquelas descritas na Parte 6 deste livro.



Figura 1.3. Ivan Sutherland e seu projeto Sketchpad, no MIT, em 1963.
Fonte: <http://www.sun.com/960710/feature3/sketchpad.html>



Figura 1.4. Head-mounted display desenvolvido por Ivan Sutherland.
Fonte: <http://www.sun.com/960710/feature3/ivan.html>

Em um de seus experimentos mais interessantes, Sutherland demonstrou a possibilidade da imersão e da telepresença ao acoplar um *head-mounted display* (HMD) a duas câmeras, posicionadas na laje de um edifício, cujos movimentos eram diretamente controlados pelos da cabeça do observador usando o capacete no interior do edifício (Figura 1.5). As sensações, reações e movimentos do observador remoto, e até mesmo o pânico ao olhar para baixo a partir do ponto de vista das câmeras foram similares aos que o observador teria, se efetivamente, estivesse no topo do edifício.

Ainda, antes das citadas pesquisas do engenheiro Ivan Sutherland, na década de 1950, o cineasta Morton Heilig, considerado como o primeiro a propor e criar sistemas imersivos, já imaginava o “cinema do futuro” (Heilig, 2002), chegando a produzir um equipamento denominado SENSORAMA (Figura 1.6). No Sensorama, o usuário era submetido a diversas sensações, movimentos, sons, odores, vento e visão estereoscópica (veja Capítulo 6), que causavam uma experiência de imersão até então inimaginável. Heilig não conseguiu transformar sua invenção em sucesso comercial, mas certamente semeou as idéias que levaram ao desenvolvimento do que hoje conhecemos como Realidade Virtual.



Figura 1.5. Experimento de telepresença realizado por Ivan Sutherland em 1966.
Fonte: <http://www.sun.com/960710/feature3/ivan.html>



Figura 1.6. Cartaz de divulgação do Sensorama.
Fonte: <http://www.telepresence.org/sensorama/index.html>

1.3 Tecnologia

A tecnologia de realidade virtual envolve todo o *hardware* utilizado pelo usuário para participar do ambiente virtual. Estão incluídos aí os rastreadores, os capacetes ou HMDs, os navegadores 3D, as luvas, os fones de ouvido, os dispositivos de reação e outros dispositivos específicos (Vince, 1995) (Vince, 2004) (Sherman; Craig, 2002). Várias técnicas têm sido utilizadas para monitorar a posição e a orientação de objetos no espaço tridimensional, mas um método bastante popular utilizado é o eletromagnético. Um transmissor estacionário emite sinais eletromagnéticos que são interceptados por um detector conectado à cabeça ou mãos do usuário, revelando a posição relativa e orientação entre emissor e receptor. Um exemplo de uso dessa tecnologia é o HMD HTC Vive. Há também soluções em que o emissor encontra-se no capacete, como por exemplo no Oculus Rift. Geralmente, o alcance desses rastreadores atinge poucos metros, restringindo seu uso. Além disso, os cabos de conexão com o capacete e luvas também restringem o alcance dos movimentos, fazendo com que o usuário utilize outras técnicas de navegação dentro do mundo virtual como “sobrevôo” e “teletransporte”.

Um HMD (Figura 1.7) tem a função de ser imersivo, isolando o usuário do mundo real. Seu projeto envolve dois pequenos displays de cristal líquido com dispositivos ópticos

para fornecer um ponto focal confortável e propiciar visão estereoscópica. Um navegador 3D, também conhecido como mouse 3D, tem a função de permitir a movimentação do usuário pelo mundo virtual. Sua posição e orientação são monitoradas de forma parecida com aquela usada no capacete. Além disso, o navegador também possui botões que são usados para executar funções especiais como agarrar objetos tocados por um ícone controlado pelo navegador.



Fig. 1.7 Exemplo de HMD (Oculus)

Uma luva, por sua vez, permite monitorar o estado dos dedos da mão do usuário, através de sensores como fibra ótica, por exemplo. As características de uma fibra ótica colocada ao longo do dedo são alteradas com a flexão, permitindo a captura dos movimentos e sua transferência para uma mão virtual ou para controle direto do mundo virtual. Um rastreador acoplado no dorso da luva permite monitorar sua posição e orientação. Um fone de ouvido conjugado permite explorar as diferenças de intensidade e de atrasos na propagação do som entre dois ouvidos, gerando a sensação de sonorização tridimensional. Isto permite que o usuário seja induzido a movimentar-se na direção de uma fonte sonora virtual, fornecendo um elemento complementar importante para a obtenção de realismo dentro do mundo virtual.

A tecnologia dos dispositivos de reação envolve a área de atuação do tato e força, tanto nos sensores quanto nos atuadores. Isto inclui a habilidade de distinguir diferentes texturas de superfícies até forças variáveis, atuando sobre a mão, por exemplo. Como as mãos do usuário exercem um papel importante na interação com os objetos de um mundo virtual, espera-se que a colisão da mão com um objeto virtual gere um som e uma sensação de toque na mão. O Capítulo 7 apresenta em maiores detalhes os dispositivos de RV.

1.4 Técnicas de Interação

Os computadores são elementos interativos por natureza e para isso utilizam uma série de dispositivos, incluindo aqueles que utilizam a tecnologia de realidade virtual. A interação no mundo virtual busca interfaces intuitivas e transparentes para o usuário, envolvendo, por exemplo, ações como voar, ser teletransportado, pegar objetos, utilizar gestos para comandar o sistema, etc.

As interações podem ocorrer em ambientes imersivos, quando realizadas em sistemas baseados em HMDs ou com múltiplas projeções, como CAVEs, e em ambientes não imersivos, quando realizadas em sistemas baseados em monitores ou em projeções simples. Usando dispositivos de interação como luvas e navegadores 3D, o usuário pode interagir com o mundo virtual, vivenciando a mesma experiência de interação, descontando as sensações de imersão ou não imersão. Além das interações individuais, os sistemas multiusuários vêm propiciando a oportunidade de interação entre várias pessoas dentro do mundo virtual, competindo ou cooperando em determinadas tarefas.

As interações no ambiente virtual estão dentro do contexto da interface do sistema, envolvendo a interface com os dispositivos e a interface com o usuário. A interface com os dispositivos engloba os recursos de hardware, como os dispositivos e suas ligações, além do software de controle, chamado device driver. As interações ocorrem, através do uso dos dispositivos. A interface do usuário envolve as ações executadas na sua relação com o ambiente 3D. O usuário pode simplesmente observar o funcionamento do ambiente virtual simulado animado, tendo uma experiência passiva, ou ser um agente do sistema, interferindo em seu funcionamento.

As interações do usuário abrangem: navegação, seleção, manipulação e controle do sistema (Laviola et al., 2017). A navegação refere-se à movimentação do usuário dentro do ambiente virtual. Ela envolve a viagem (travel), que consiste na movimentação mecânica no ambiente, e a definição do trajeto (wayfinding), que é a componente cognitiva da navegação. A viagem é usada para explorar, buscar e manobrar, envolvendo seleção de direção, objetivo, velocidade, aceleração e ações como: iniciar o movimento, indicação de posição e orientação e parar o movimento. Definição do trajeto é um processo de tomada de decisão, que permite o estabelecimento do caminho a ser seguido. Ele depende do conhecimento e do comportamento espacial do usuário e de elementos de ajuda artificiais como mapas, bússolas, placas de sinalização, objetos de referência cenários artificiais trilhas, além de elementos de áudio e de olfato, etc.

A seleção consiste na escolha de um objeto virtual para ser manipulado. Ela envolve três passos: indicação do objeto, confirmação e realimentação. A indicação normalmente é feita com os dedos ou com as mãos, dirigindo algum dispositivo de

entrada. Ela pode ocorrer por oclusão, toque no objeto, apontamento ou de maneira indireta. O sistema deve mostrar a seleção, usando elementos visuais, auditivos ou hápticos, como mudar cor, piscar, emitir som, emitir reação, etc. Para que a seleção tenha efeito, ela deve ser confirmada, o que pode ser feito, através de eventos tais como: clique do mouse, apertado de tecla, gesto, comando de voz ou outra ação. Novamente, deverá haver uma realimentação, indicando que a ação ocorreu.

A manipulação de um objeto selecionado consiste na alteração de sua posição, através de translação ou rotação, ou de suas características, envolvendo escala, cor, transparência, textura. O objeto selecionado pode ser também: apagado, copiado, duplicado, deformado ou alterado por outras ações. O controle do sistema consiste na emissão de comandos do usuário para serem executados pelo sistema. Os comandos podem ser emitidos, através de menus gráficos, comandos de voz, comandos gestuais, ou através de dispositivos de comando específicos. O Capítulo 12 apresenta o processo de interação em maiores detalhes.

1.5 Desafios

Ainda que já se encontre em um patamar bastante evoluído, a ponto de poder ser utilizada em treinamentos de cirurgia, tratamentos médicos, projetos de engenharia e em parques de diversão, há ainda alguns desafios a serem vencidos pelos pesquisadores da área de realidade virtual. Listamos alguns dos principais, tendo como base Jerald(2015).

1.5.1 Uncanny Valley

O conceito de Uncanny Valley foi proposto por Mori (1970) a partir de estudos com robótica. Ele observou que à medida que os robôs vão ficando mais parecidos com humanos, seja na aparência ou no comportamento, as pessoas vão se sentindo mais confortáveis. Surpreendentemente, contudo, quando o realismo se aproxima muito de seres reais as pessoas passam a sentir forte aversão. É preciso ultrapassar esse ponto, tornando os robôs quase que indistinguíveis de seres humanos para que essa aversão, o chamado *uncanny valley*, cesse. A consequência relevante para designers de personagens virtuais é que muitas vezes é possível obter melhores resultados utilizando-se um estilo *cartoon* do que buscando-se criar personagens quase realistas.

1.5.2 Fidelidade

Assim como simular personagens que se aproximam da aparência e comportamento humanos pode levar a resultados piores que simulações menos realistas, a fidelidade à realidade nem sempre é necessária ou a melhor solução na criação de ambientes virtuais. É possível induzir sensação de presença em ambientes estilo *cartoon*, desde

esses que respondam adequadamente aos estímulos, os movimentos sejam realistas, a percepção de profundidade adequada, entre outras pistas que nossa mente identifica. O fotorrealismo demanda altos custos e nem sempre dá os melhores resultados.

Os aspectos de fidelidade que podem ser observados durante o design de um ambiente virtual, conforme Jerald (2015), são:

Representação

Nível de qualidade da simulação de um ambiente, podendo chegar ao fotorrealismo.

Interação

Grau de similaridade entre as reações físicas no ambiente virtual e suas correspondentes no mundo real.

Experiência

Grau de similaridade entre a experiência do usuário no ambiente virtual e que teria no correspondente ambiente real.

1.5.3 Ergonomia

Os dispositivos de entrada e saída evoluíram bastante, mas ainda são desconfortáveis e pouco práticos. O uso contínuo de HMDs, por exemplo, pode provocar fadiga e desconforto. Além disso algumas pessoas mais sensíveis podem sentir enjoos ou tonturas ao usar dispositivos imersivos. Isso porque a mente monitora vários sinais do corpo que podem contradizer os estímulos visuais gerados pelo dispositivo imersivo. O corpo pode estar em repouso enquanto que na realidade virtual se move, o equilíbrio do corpo informado pelo sistema vestibular pode ser incompatível com o que ocorre no ambiente virtual, a convergência ocular pode indicar uma profundidade enquanto que o visor imersivo apresenta outra. Quando a mente percebe que sua percepção visual difere da proprioceptiva interpreta como sinal de mal estar ou alucinação, que pode causar reação de enjôo, num ato reflexo natural visando expelir eventuais substâncias maléficas presentes no organismo.

1.6 Aplicações

Embora seja imenso o potencial de aplicações da realidade virtual, serão aqui relacionadas algumas das principais (Vince, 1995) (Vince, 2004) (Sherman, 2003). A parte 3 deste livro (capítulos 15 a 21) apresenta algumas destas e também outras aplicações em maiores detalhes.

1.6.1. Aplicações Industriais

O uso de CAD em aplicações industriais tem sido bastante difundido, sendo desnecessário frisar a importância da visualização 3D de um objeto, antes de ser

produzido. A realidade virtual, entretanto, vai além, permitindo sua inspeção em tempo real e, eventualmente, um alto grau de interação com o objeto sob análise. Algumas aplicações industriais de realidade virtual são: visualização de protótipos; treinamento; avaliação de fatores ergonômicos; simulação de montagens; simulação da dinâmica de estruturas articuladas; análise de tensões; simulação do processo produtivo; estudo de técnicas de engenharia; planejamento; túnel de vento virtual; etc.

1.6.2. Aplicações Médicas e em Saúde

Os computadores tiveram um grande impacto na medicina, desde a monitoração de pacientes até processamento de imagens tomográficas tridimensionais. No entanto, as aplicações de realidade virtual na medicina foram muito além, possibilitando, por exemplo, o treinamento cirúrgico em cadáveres virtuais. Algumas aplicações de realidade virtual na medicina e saúde são: ensino de anatomia; visualização com realidade aumentada; planejamento cirúrgico; simulação cirúrgica; terapia virtual; tratamento de deficientes; fisioterapia virtual; cirurgias pouco invasivas; etc.

1.6.3. Aplicações em Arquitetura e Projeto

Esta área utiliza-se intensamente de CAD e pode ser complementada com realidade virtual para: projeto de artefatos; planejamento da obra; inspeção tridimensional em tempo real; interação em tempo real; decoração de ambientes; avaliação acústica; etc.

1.6.4. Aplicações Científicas

Esta é uma vasta área que pode servir-se da realidade virtual para mostrar conceitos abstratos, comportamento de elementos muito grandes, como galáxias, ou muito pequenos, como estruturas atômicas, e outras características científicas. Dentre as diversas aplicações tem-se: visualização de superfície planetárias; síntese molecular; visualização de elementos matemáticos; análise de comportamento de estruturas atômicas e moleculares; análise de fenômenos físico-químicos; etc.

1.6.5. Aplicação em Artes

A área de artes também pode receber um grande diferencial com realidade virtual. Pinturas em relevo, esculturas, museus virtuais com detalhes nas paredes e teto, além das próprias obras de arte, música com instrumentos virtuais, etc são algumas das aplicações possíveis. Isto pode dar aos artistas e ao público em geral dimensões jamais vistas ou sentidas, através da eliminação ou alterações das restrições do mundo real ou da ampliação da imaginação.

1.6.6. Aplicações em Educação

A área de educação tem muito a ganhar com realidade virtual, tanto no ensino convencional quanto no ensino à distância. Algumas aplicações incluem: laboratórios

virtuais; encontros remotos de alunos e professores para terem uma aula ou alguma atividade coletiva; participação em eventos virtuais; consulta a bibliotecas virtuais; educação de excepcionais, etc.

1.6.7. Aplicações em Visualização e Controle da Informação

Cada vez mais é necessário o acesso rápido e adequado a conjuntos complexos de informações para as mais variadas aplicações de tomada de decisão. O espaço bidimensional é muito limitado para isto, de forma que a representação e o posicionamento de informações no mundo virtual tridimensional vem agregar um grande potencial para aplicações como: visualização financeira; visualização de informações em geral; informação virtual; visualização de simulação de sistemas complexos; etc.

1.6.8. Aplicações em Entretenimento

Aplicações em entretenimento têm a vantagem de atingir escalas de consumo bastante altas, viabilizando o lançamento de uma série de produtos. É o caso dos videogames que viabilizaram os chips de microprocessadores e alguns periféricos de realidade virtual de baixo custo. Dentre as diversas aplicações, além dos videogames tridimensionais com interação em tempo real, tem-se: turismo virtual; passeio ciclístico virtual; esportes virtuais; cinema virtual; etc.

1.6.9. Outras Aplicações

Há muitas outras aplicações, envolvendo: treinamento; cidades virtuais; comércio eletrônico; modelagem; simuladores; estúdios virtuais; etc. Além disso, novas aplicações surgem a cada dia, dependendo da necessidade e da imaginação de cada um. A realidade virtual vem propiciando uma nova maneira de ver coisas conhecidas ou o desenvolvimento de novas aplicações.

1.7 Considerações do capítulo

A realidade virtual possibilita a criação de realidades alternativas por meio de tecnologia computacional, possibilitando a simulação de ambientes e sistemas reais, como também a criação de experiências que são possíveis apenas no ambiente virtual. Essa tecnologia começou a ser desenvolvida na década de 1960 e até a primeira década do século XXI era restrita a laboratórios de pesquisa e grandes empresas, dado o altíssimo custo de equipamentos e dispositivos. Hoje os dispositivos de entrada e saída, em particular os HMDs são encontrados a preços acessíveis e, com a evolução da capacidade de processamento dos processadores, é possível executar ambientes de RV até mesmo em celulares e tablets.

O potencial de aplicações da RV é bastante amplo, pois possibilita vivenciar praticamente qualquer experiência do mundo real, além de outras que possam ser imaginadas, a um custo baixo e sem riscos.

Referências

- BIOCCA, Frank; LEVY, Mark R. (Ed.). **Communication in the age of virtual reality**. Lawrence Erlbaum Associates, 1995.
- CUMMINGS, James J.; BAILENSEN, Jeremy N.; FIDLER, Maily J. How Immersive is Enough?: A Foundation for a Meta-analysis of the Effect of Immersive Technology on Measured Presence. In: **Proceedings of the International Society for Presence Research Annual Conference**. 2012.
- HEILIG, Morton. The cinema of the future. **Translated by Uri Feldman**. In **Multimedia: From Wagner to Virtual Reality**. Edited by Randall Packer and Ken Jordan. Expanded ed. New York: WW Norton, p. 239-251, 2002.
- JERALD, Jason. **The VR book: human-centered design for virtual reality**. Morgan & Claypool, 2015.
- LAARNI, Jari et al. Ways to measure spatial presence: Review and future directions. In: **Immersed in Media**. Springer International Publishing, 2015. p. 139-185.
- LAVIOLA JR, Joseph J. et al. **3D user interfaces: Theory and practice**. Addison-Wesley Professional, 2017.
- LÉVY, Pierre. **Que é o Virtual?**, O. Editora 34, 2003.
- LOMBARD, Matthew; DITTON, Theresa. At the heart of it all: The concept of presence. **Journal of Computer-Mediated Communication**, v. 3, n. 2, p. 0-0, 1997.
- LOMBARD, Matthew; JONES, Matthew T. Defining presence. In: **Immersed in Media**. Springer International Publishing, 2015. p. 13-34.
- MILGRAM, Paul et al. Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In: **Telemanipulator and telepresence technologies**. 1994. p. 282-292.
- MORI, Masahiro. The uncanny valley. **Energy**, v. 7, n. 4, p. 33-35, 1970.
- PACKER, Randall; JORDAN, Ken (Ed.). **Multimedia: from Wagner to virtual reality**. WW Norton & Company, 2002.
- SHERMAN, William R.; CRAIG, Alan B. **Understanding virtual reality: Interface, application, and design**. Elsevier, 2002.
- SISCOUTTO, Robson Augusto; TORI, Romero. AVTC-Augmented virtuality tele-conferencing. In: **Proceedings of VII Symposium on Virtual Reality**. 2004. p. 124-136.
- SLATER, Mel; WILBUR, Sylvia. A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. **Presence: Teleoperators and virtual environments**, v. 6, n. 6, p. 603-616, 1997.

SUTHERLAND, I. E. The Ultimate Display. In: **Proceedings of the IFIP Congress**. 1965. p. 506-508.

TORI, Romero; KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson Augusto. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Editora SBC, 2006.

TORI, Romero. **Educação sem distância**.2.ed. Artesanato Educacional, 2017.

VINCE, John. **Virtual reality systems**. Pearson, 1995.

VINCE, John. **Introduction to virtual reality**. Springer Science & Business Media, 2004.