

## CAVE: Um Immersive Tecnologia Emergente - Uma revisão

Siddhesh Manjrekar<sup>1</sup>, Shubhrika Sandilya<sup>3</sup>, Deesha

Bhosale<sup>4</sup>, Sravanthi Kanchi<sup>5</sup>, Adwait Pitkar<sup>6</sup>

Institute of Technology Vidyalankar

Mumbai, Índia

<sup>1</sup> siddhesh.manjrekar@vit.edu.in

<sup>3</sup> shubhrika.sandilya@vit.edu.in

Mayur Gondhalekar<sup>2</sup>

Instituto Vidyalankar of Technology (Índia) University  
of Southern California (EUA)

Tóquio, Japão

<sup>2</sup> gondhalekar.mayur@gmail.com

### **abstrato - Atualmente, o CAVE (caverna Automatic Virtual**

**) Os sistemas de ambiente são um dos melhores realidade virtual (VR) dispositivos envolventes disponíveis para retratar o ambiente virtual. A CAVE dá a ilusão de estar cercado por um mundo fictício, proporcionando uma visualização totalmente interativa, científico. Os sistemas de cavernas podem proporcionar uma dimensão completamente nova para a experimentação científica, bem como entretenimento. Ao mesmo tempo, os sistemas de cavernas são um trabalho em andamento, com Cave2 ter melhorias para reduzir a complexidade, custos elevados, e hardware pesado exigido pelos sistemas de cavernas originais. Neste artigo, damos uma visão geral do sistema dos sistemas de caverna, suas aplicações e melhorias.**

**CAVE Keywords-; CAVE 2; Realidade Virtual imersiva; Tracking System; Versões de Cave; Aplicações de CAVE;**

### I. INTRODUÇÃO

ambientes virtuais fornecem monitores estereoscópicos rastreado-cabeça que permitem que os usuários percebam estruturas tridimensionais dos dados que estão sendo analisados. Pesquisadores que precisam controlar, dirigir ou interagir com os seus dados científicos descobriram esta característica única de ser extremamente útil. Criando uma sensação convincente de demandas de imersão muito elevados graus de desempenho em todos os níveis de hardware e software utilizados [19].

O nome "CAVE" é um acrônimo recursivo (Cave Automatic Virtual Environment). A caverna foi pesquisado e desenvolvido pelo Laboratório de Visualização Eletrônica, da Universidade de Illinois em Chicago como uma ferramenta para visualização científica. Desde a sua estréia na conferência SIGGRAPH 1992

A caverna tem alcançado reconhecimento internacional como o auge da tecnologia de sistema de realidade virtual imersiva, proporcionando um ambiente de exibição convincente para a ciência, engenharia e arte. Os objetivos que motivaram o projeto do CAVE foram para produzir um ambiente de realidade virtual que foi adequado para a investigação científica e para fornecer uma interface de usuário para dirigir aplicações de computação de alto desempenho que funcionam em supercomputadores remotas [17]. A CAVE produz uma sensação de imersão cercado um usuário com telas wrap-around na qual as imagens são traseira projetada em estéreo nas paredes e para baixo-projetadas em estéreo para o chão. Para perceber usuários estéreo usar óculos tridimensionais [17]. o

Cave2 Ambiente realidade híbrida

representar O

intersecção de paredes de exibição best-in-class e ambientes de realidade virtual, permitindo aos investigadores para analisar 2D de alta resolução e dados 3D através de um instrumento de visualização unificada [12].

### II. PRÁTICA REQUISITOS

#### A. Acessibilidade, imersão e portabilidade

Visual imersão necessidades específicas e hardware caros, como monitores cabeça montada (HMDS) sofrem de pequeno campo de visão e usuário fica isolado dos mundos real e virtual. especialidade multi-usuário é uma grande vantagem de sistemas de cavernas, além de apresentar um maior campo de visão, e permite que as pessoas a serem fisicamente dentro do ambiente virtual [21]. Os usuários podem desenvolver aplicações em 3D que podem ser portados ou manipulado em dispositivos envolventes após simplificar o desenvolvimento de software e de depuração [16]. A estrutura não só é multi-plataforma, mas também multi-dispositivo que pode perfeitamente acessar dispositivos móveis, bem como sistemas de cavernas.

#### B. capacidade robustez e implantação aplicação

O quadro deve ser compacto e robusto o suficiente para reduzir dependências externas, conflitos e tamanhos.

#### C. Completude e custo-efetividade

A realidade virtual requer muitas coisas simultaneamente a partir de modelos 3D para ferramentas para criar interfaces de usuário gráficas. O motor gráfico apresenta um sistema de interface simples, mas completo gráfica de usuário simpatia oferecendo as mesmas funcionalidades nos sistemas de PC e caverna [16].

#### D. Moderna e atualizada

O motor gráfico de dispositivos imersivos como CAVE requer atualizações regulares, bem como arquitetura aberta que permite uma fácil integração de novos elementos e características, quando necessário.

#### E. Realidade Virtual cientes

O campo da realidade virtual muitas vezes precisa de dispositivos específicos, como HMDs, cavernas, ou dispositivos táteis. A estrutura necessária deve apoiar uma série de funcionalidades para

usar directamente este hardware ou para simplificar a sua interface. Por exemplo, prestação estereográfica é suportado diretamente na caverna e pode ser facilmente ativado em um PC para emitir imagens a um head-mounted display.

### III. SISTEMA O ANORAMA ( L ITERATURE SURVEY)

O sistema CAVE consiste nos seguintes componentes:

#### A. Sistema de áudio

Na década de 1990, visuais 3D foram acompanhados por som direccional somente. A fim de incorporar áudio 3D, Chefe relacionadas Função de Transferência (HRTF) foi usado, mas apenas um único usuário pode ser monitorado em um determinado momento. Esta era uma desvantagem para o sistema multi-utilizador como CAVE [6].

Para superar esta desvantagem e para melhorar a experiência de áudio-visual, vários motores de áudio foram desenvolvidas. Um desses motores de áudio foi desenvolvido por Realidade Virtual Laboratory (VRLab), de Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Suíça, que possui posicionamento áudio espacial através da API OpenAL, streaming de áudio a partir de .wav e .org arquivos, bem como efeitos de DSP através do Creative EAX 2.0 [19]. É fácil e direta para adicionar fontes de áudio para grafo de cena e é robusto também.

AUDIÊNCIA (Audio Immersion Experiência na digitais CAVERNA) [7] é outro projeto que ajuda a implementar soluções espaciais multicanal flexíveis e escaláveis de áudio para este ambiente CAVE. Ele fornece experiência de imersão visual e auditiva para mais de um usuário dentro da caverna.

#### B. Sistema de vídeo

sistema de vídeo CAVE é uma apresentação de vídeo de dentro para fora 3D surround que usa apresentação janela. O sensor de posição ascensão ligado a óculos com obturador estéreo os estereográficas Crystal Eyes' devolve valores em que se baseiam as projecções em perspectiva e estéreo correctas. Com uma resolução de 1024x768 ou 1280x492 pixels por tela, cada atualizações de tela em 96Hz ou 120Hz, respectivamente [8].

Em cada parede duas projecções fora do eixo são exibidos. óculos de obturador permitem exibir imagens diferentes para cada olho. Isto é feito através da sincronização do ritmo de aberturas alternadas com a taxa de atualização de tela [8]. Devido a isso um visor que desgasta um obturador óculos experimenta uma ilusão 3D. A fim de exibir duas imagens como uma imagem 3D a taxa de atualização de tela é cortado em metade, enquanto gerando uma imagem de estéreo. Assim, com uma velocidade de actualização de tela de 120 Hz, o total da imagem tem uma taxa máxima de actualização de tela de 60 Hz. Dependendo do espectador a partir dos ecrãs de projecção, a vista panorâmica de caverna podem ser variados de 90° para maior do que 180°. O campo de visão direta do design do quadro para os óculos estéreo oferecem uma vista de cerca de 100° [6]. A taxa de resolução e atualização pode ser melhorada com algumas alterações de design atuais especificações visuais da caverna.

projector correspondente, de modo a restaurar a visão estéreo sem óculos.

#### C. CAVE Calibration

erros de posição estática no rastreador magnético pode ser corrigido utilizando um procedimento de calibração. A distorção do campo magnético, devido à estrutura metálica pode ser evitado por meio da utilização de aço inoxidável austenítico que é não-magnético e tem baixa condutividade. As saídas obtidos a partir do sistema de medição de ultra-sons, construído sob encomenda e as posições reportadas pelo rastreador magnético são comparados e, em seguida, uma tabela de consulta é criado, e é utilizado para interpolar os valores corrigidos [19].

Apesar de uma calibração precisa de sua convergência um desalinhamento inevitável será produzido a partir projetando imagens projetadas por dois projectores separados. Este problema pode ser resolvido por meio de software de calibração. O conceito deste software é para deixar o usuário desenhe uma forma precisa seguir as bordas da tela e, em seguida, esta forma pode ser usado como polígono para renderizar imagens em manualmente. A [7] extensão objecto frame buffer OpenGL é usado para executar uma alta resolução (1024x1024 pixels) tornar-se textura da caverna. Para se ajustar à forma mostrada, esta textura é então mapeado no polígono anteriormente adaptada. Podemos também usar uma grade com pontos de controle móveis para melhorar a superposição de imagens para processamento de som. As deformações provocadas por os projectores estar fisicamente que se projectam a partir dos pontos pode ser evitada por pontos correspondentes das grelhas elevados a partir dos dois projectores de controlo. Além disso, esta solução de calibração também resolvido um problema, devido aos tamanhos de pixel desiguais nas paredes da caverna devido às diferentes distâncias entre os projectores e os monitores [21]. Aqui, o conceito anterior de um jogo precisa da render para formas é acompanhada pela técnica de anti-aliasing que causou este problema desaparecer. Portanto, uma imagem contínua de diferentes paredes com grande experiência de imersão é obtida o que é ainda melhorado por render stereographic. esta solução de calibração também resolvido um problema, devido aos tamanhos de pixel desiguais nas paredes da caverna devido às diferentes distâncias entre os projectores e os monitores [21]. Aqui, o conceito anterior de um jogo precisa da render para formas é acompanhada pela técnica de anti-aliasing que causou este problema desaparecer. Portanto, uma imagem contínua de diferentes paredes com grande experiência de imersão é obtida o que é ainda melhorado por render stereographic. esta solução de calibração também resolvido um problema, devido aos tamanhos de pixel desiguais nas paredes da caverna devido às diferentes distâncias entre os projectores e os monitores [21]. Aqui, o conceito anterior de um jogo precisa da render para formas é acompanhada

#### D. estereográfica Rendering

O requisito básico de renderização estereográfica é a geração de duas imagens e sua exibição ao mesmo tempo. Um computados para olho direito e outra computados para olho esquerdo. projectores CRT com alta taxa de atualização com até 120 Hz como frequência de atualização são usados por soluções de alto nível. Usando óculos com obturador, este sistema pode mostrar um máximo de 60 imagens por segundo por olho [8]. Uma placa gráfica profissional, incluindo uma saída de sincronização para óculos de obturador irá conduzir o projector de vídeo. E de acordo com a sincronização vertical do visor, esta saída muda a polaridade de óculos com obturador. Este placas gráficas profissionais e projectores de alta qualidade são muito caros e requerem manutenção periódica.

Não pode haver uma situação onde um grande número de espectador estão presentes em um sistema CAVE, ao mesmo tempo e uma vez que os óculos são frágeis e estão em baixa quantidade, podemos optar por um azul velho estilo e óculos vermelhos

sistema estereográfica. render Estereográfica adiciona a informação de profundidade para a imagem circundante e, assim, melhora a imersão [6]. Mas enquanto utilizador estiver em movimento, para evitar ruptura na presença do referencial perspectiva deve ser exibida em conformidade.

#### E. Sistema de rastreamento

##### 1. Câmera e algoritmo baseado em visão para rastrear marcadores localizados na cabeça do utilizador:

Todas as funções necessárias tratar a informação de vídeo em tempo real e extrair posição 3D e orientação de marcadores predefinidos são fornecidos pelo ARToolkit biblioteca de código aberto [8]. A precisão de rastreamento foi degradada devido à frequência mudando a iluminação marcadores. Uma solução para este problema é colocar uma lâmpada dentro de um pequeno cubo coberto com marcadores fixos na cabeça do usuário, criando uma espécie de cabeça desgastado lanterna com marcadores semi transparentes nas laterais, para manter sua luminosidade constante e independente do brilho as imagens prestados nas paredes da caverna.

##### 2. sistema de rastreamento magnético:

Para um rastreador electromagnética operando a 60Hz frequência de amostragem para uma configuração de sensor duplo com ascensão bando de aves, seis graus de liberdade é usado para controlar a posição da cabeça e da mão. Para realizar os cálculos estéreo corretos para um usuário, os olhos do usuário estão localizados usando seu / sua posição da cabeça [6]. Para permitir que o espectador a interagir com o ambiente virtual, segundo sensor de posição do CAVE é usado.

##### 3. sistema de rastreamento óptico com marcadores ativos usando múltiplos pontos de vista:

Grande precisão em torno de alguns milímetros de posicionamento é fornecido por este sistema, de modo a obter o resultado perfeito para aplicações onde várias pessoas podem estar presentes em CAVE, ao mesmo tempo e interagir livremente sem perda de experiência imersiva. Os pontos de referência para a conversão de sensores coordenadas espaciais pode ser facilmente compensada através do alinhamento dos três pontos de laser em uma grade de referência exibido nas paredes e no chão.

#### Graphics Engine F. de sistemas de cavernas

software gráficos 3D para as plataformas de sistema CAVE é limitado e difícil de encontrar. muitos projetos adaptados motores de PC padrão para caber em uma arquitetura de rede para satisfazer uma instalação CAVE [9]. Inicialmente desenvolvido pelo Laboratório de Visualização Eletrônica na Universidade de Illinois,

CAVElib é um poderoso API completa para desenvolvimento de aplicativos usando dispositivos SID (Spatially Immersive Devices) com suporte multi-plataforma e exigindo menos esforços do usuário. CAVElib [5] trabalha diretamente em um dos imersiva

dispositivos como cavernas, ImmersaDesks, RealtyCenters, etc. Unfortunately, função CAVElib é limitada por licenças muito caras e falta de apoio à mobilidade.

Devido à abordagem de múltiplos núcleos utilizados em estruturas de caverna, bibliotecas de multi-estação de trabalho também são usados para simplificar o processamento no máquinas em cluster, assim como WireGL utilizando fora os PCs prateleira ligados com uma rede de alta velocidade para proporcionar uma arquitectura de prestação escalável. O cromo é um software derivado do WireGL permitindo renderização em várias telas. Ambos Chromium [4] e WireGL vir como um driver OpenGL distribuir automaticamente gráficos chama ao longo dos diferentes máquinas do cluster.

## IV. VERSIONS DE CAVE

sistemas de cavernas diferem em tamanho e características, que vão desde ambiente de pequeno porte para estruturas muito grande escala para exposições públicas e entretenimento [15]. CAVEs modernos podem ser divididos em três categorias: soluções profissionais vendidos por especialistas de equipamentos de realidade virtual, soluções de casa muito baratos feitos com materiais comuns,

e intermediário arquiteturas visando a qualidade das soluções profissionais.

### A. Soluções profissionais

Interesse em cavernas e espacialmente Devices Immersive (SID) tem aumentado desde a sua invenção e é transferido hoje em produtos comerciais como BARCO e VRCO. Apesar da grande quantidade de desenvolvimento nesta direção, profissional soluções ainda são extremamente caro [21].

A maioria das instalações CAVE são baseados em uma abordagem cluster / multi-core, para espalhar tornando ao longo de muitas máquinas. Também é possível hoje para ignorar a complexa rede e trabalho de sincronização usando um PC único, com um cartão de expansão de multi-GPU ou arquitetura SLI. Modelos como NVidia, série QuadroPlex permitir a criação de uma caverna de quatro lados stereographic como utilizado em  $\pi$ CAVE [20], que tem uma configuração paralelepípedica rectangular, com uma grande largura de uma das características do sistema da caverna. O grande volume de  $\pi$ CAVE permite que várias pessoas para ficar no chão, ao mesmo tempo, sem qualquer oclusão mútua das visualizações de tela na sala.

O StarCAVE [13] suportes totalmente rastreado VR imersão (360° olhar-around capacidade) para os observadores 1 utilizador prime e vários e consiste em brilhante, de alta resolução, visuais de alto contraste e experiência auditiva ambiente envolvente realista, escalado de forma dinâmica para cenas virtuais arbitrárias, para um ou mais ouvintes. Ele fornece uma plataforma para explorar e avaliar várias abordagens para a experiência de áudio envolvente e sonorização de dados científicos em certos contextos de visualização.

### B. Home-made, soluções alternativas

versões reduzidas de sistemas de caverna, com menos paredes ou mesmo que não existam transportáveis. Um deles é o V-CAVE (feito com apenas duas paredes, daí o nome de V-CAVE, porque as duas telas formam a letra v) [9]. Algumas variantes também são instaladas em estruturas tubulares de plástico que podem ser montadas e desmontadas, fazendo uma versão portátil compacta de um sistema CAVE.

monitores de parede pode ser considerado como uma versão single-parede da caverna, mas menos dispendioso e mais fácil de construir e gerenciar. Monitores de parede tem a vantagem de ser muito fácil de configurar, exigindo menos espaço, e não exigir qualquer calibração complexo nem os projetores, nem renderização multi-PC. Alguns monitores de parede usar uma abordagem multi-projector para melhorar a resolução da tela, o que requer um sistema de calibração mais sofisticado e mais fino para alinhar corretamente e dar continuidade perfeita sobre as porções da tela coberta por mais de um projetor [11]. Algumas delas também são móveis, semelhante a um V-CAVE, como o sistema stereographic apresentado em [6]. Infelizmente, a maioria destas soluções eficientes de custo, implementar apenas um subconjunto dos recursos de um sistema completo CAVE [1], com menos lados, inferior resolução,

### C. soluções de baixo custo

Sauter, em [10] descreve uma solução CAVE baixo custo baseado em computadores genéricos Windows e Macintosh [10]. A secção (em Hanover) é também uma implementação de baixo custo de uma pequena configuração CAVE três paredes feita a um custo menor. HIVE- como sistemas estão entre as abordagens menos caras de hoje para construir uma visualização virtual multi-lado com o geralmente baixo orçamento disponível para a educação [1]. Infelizmente, esses sistemas são geralmente

transferida para muito pequeno ambientes com menos paredes e pior qualidade quando comparado a outras soluções mais caras, mas também superiores.

## V. APLICAÇÕES

### A. CavePainting



Fig. 1. CavePainting: Pintura usando a tecnologia CAVE

Este é um meio artístico que usa um analógico 3D de pinceladas 2D para criar trabalhos em 3D de arte em uma experiência imersiva

ambiente de realidade virtual CAVE [16]. Estas marcas 3-dimensionais são uma linguagem visual fluida, altamente flexível que é trazido à vida por uma interface sensível ao artista. A principal característica de destaque da CavePainting é que uma CavePainter pode andar através seu trabalho, garra e girá-lo em suas mãos, reduzir ou ampliar isso por um capricho, e, finalmente, manipular variações de cor e tamanho do traço, forma e colocação para criar uma representação visual de formas complexas [22].

### B. simulação de laser de diodo

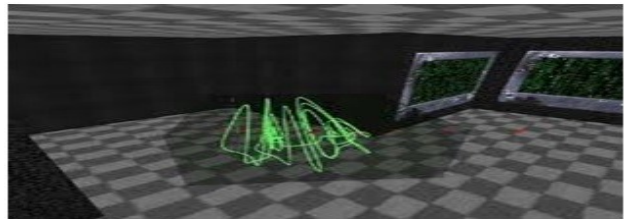


Fig. 2. Uma simulação de diodo laser usando CAVE

simulação de laser de diodo dá uma visualização do comportamento do diodo laser. Em primeiro lugar, a simulação calcula alguns pontos fixos no espaço de fase para um dado conjunto de parâmetros [22]. O utilizador pode definir interativamente os valores de parâmetros seleccionados utilizando cursores. Os pontos fixos servem como ponto de partida a simulação. Uma vez que estes pontos são visualizados,

o cientista pode seleccionar diretamente uma delas aponta para iniciar a simulação [18]. A trajetória calculado é enviado de forma incremental para a caverna. A trajetória é visualizado e pode ser manipulado pelo cientista. A maneira interativa em que os físicos poderiam testar hipóteses e investigar o comportamento do laser diode5 os ajudou a obter uma melhor visão nesse sistema complexo.

### C. RoboCup interativo



Fig. 3. futebol RoboCup usando CAVE

Interativa RoboCup é uma aplicação que permite uma equipe de cooperar agentes autônomos jogar uma partida de futebol, usando robôs reais ou simulados jogadores [18]. Um ambiente de realidade virtual é construído em que os seres humanos em cavernas em diferentes localizações geográficas pode jogar junto com uma simulação RoboCup funcionando em uma maneira natural. Um papel central é desempenhado pelos chamados Futebol Server, que mantém o controle do estado do jogo e fornece os jogadores

com informações sobre o jogo. Os jogadores são processos individuais que podem solicitar informações sobre o estado do servidor e autonomamente calcular o seu comportamento. O servidor também impõe as regras do RoboCup e ignora comandos inválidos dos jogadores.

O programa CAVE permite ao usuário ser imerso no jogo e interagir com ele. Software é usado para controlar o comportamento dos seres humanos na caverna. Um rastreador está ligado aos óculos de visualização e monitoriza alterações de posição do jogador humano no interior da caverna. O segundo rastreador está ligado ao tubo (um rato 3D), o qual é utilizado para movimentos globais ao longo do campo de futebol. Um terceiro rastreador está ligado ao pé do jogador humano e é utilizado para reconhecer um pontapé. Convertemos mudanças rastreador em comandos de futebol e transmitir-los para o servidor.

#### D. Interactivos Dinâmica Molecular



Fig. 4. Usando CAVE para estudar a estrutura molecular em 3D

dinâmica molecular interactivos é uma aplicação que diz respeito ao acoplamento de uma simulação de dinâmica molecular (MD) de um sistema de Realidade Virtual (RV) [18]. VR permite que o cientista a ganhar uma compreensão mais profunda da estrutura molecular complexa em 3D. Além disso, modificar estruturas 3D ou expressar forças é intrinsecamente um processo de 3D, para o qual o uso de um ambiente virtual imersivo é uma combinação perfeita.

## VI. ENHANCEMENTS

Durante décadas, os sistemas imersivos incluído head-mounted display volumosos, com resolução limitada e campo de visão. Em 1992, a caverna original criou uma mudança de paradigma na realidade virtual. CAVE [2] consistia de um cubo medindo 10 pés em cada lado, com baseada projetor gráficos estereoscópicos em cinco dos seus lados, e permitiu aos usuários a experiência 3D estéreo usando muito mais leves óculos tridimensionais do obturador. O sistema era grande o suficiente para caber vários indivíduos que poderiam ocorrer simultaneamente a visualização. Além disso, cabeça de monitoramento permitiu aos cientistas explorar conjuntos de dados complexos usando interação incorporada como andando no CAVE ou usando uma 'varinha' rastreado para voar através do mundo virtual.

Enquanto a CAVE original fornecido resolução limitada (4 Megapixels) e taxa de contraste pobre, evoluções recentes do sistema utilizar projectores avançada, dando origem a resoluções de até 200 Megapixels [3] [4]. No entanto, os dois sistemas de cavernas originais e modernos exigem quartos especialmente concebidos e baixos níveis de luz ambiente para operar, tornando-os difíceis

para integrar em ambientes de escritório [17].

Além disso, projetores de alta resolução pode ser extremamente caro, e exigem manutenção regular (calibração e substituição de lâmpada). Este levantou a sua adopção em workflows científicos diárias e limitou-os para uso oportunista.

Mais recentemente, paredes de exibição de azulejos LCD surgiram como uma plataforma prática para visualização de dados em grande escala. Construído por ladrilhos vários monitores de LCD para formar uma superfície de exibição contígua, esses ambientes muitas vezes cobrem paredes inteiras. paredes LCD fornecem qualidade superior de imagem e resolução, muitas vezes chegando a 100 a 300 Megapixels, e requerem pouca manutenção.

TABELA I. COMPARISON de Cave VS Cave2

CAVE vs Cave2	versões		
	CAVE	CAVE 2	melhorias
ano	1992	2012	
Realidade Virtual Environment (pés cúbicos)	1,000 Cu. ft. (10Lx10Wx10 H)	3167 cu. ft. (Pi x Raio de 12 pés 2 x 7H)	3%
Projeção vs LCD	4 Projetores	72 LCD	n / a
Stereo Resolução (Megapixels)	2.6 (1260x512x4)	36 (1.366x736x72 / 2)	13%
acuidade Visual	20/110	20/20	n / a
Brilho (lúmens)	4000	266400	66.6X
Relação de contraste	<500: 1	3000: 1	6X
vida da lâmpada (horas)	2000 / projector	50000 / LCD	25X
Indicar custo per Megapixel stereo	\$ 35000	\$ 14000	2.5X
processador	4x100 MHz MIPS R4000	36x2.9 GHz 10 core Xeon E5-2000	4176X
gráficos	SGI carmesim VGXT	Nvidia GTX 680 2 GB de RAM	n / a
memória	256MB	36 x 64 GB	9000x
armazenamento	3,2 GB	36 x 2 TB	22500X
Rastreamento 3D	cabeada	sem fio	
Networking	10 Mb / s	2x10Gb / s	2000X
Custo total	US \$ 2 milhões (hoje)	\$ 926K	redução de 50%

As qualidades de cavernas e paredes de exibição torná-los eficazes em visualizar diferentes classes de dados. CAVEs são extremamente eficazes para a visualização de dados espaciais em 3D, mas são muito menos adequado para informações 2D [17]. atual

tendências tecnológicas levar a produções de maiores acessíveis monitores LCD, thin-painel com suporte embutido para 3D estereoscópico. Tais avanços recentes tornou concebível para mesclar os melhores da sua classe capacidades dos sistemas de realidade virtual imersiva, como cavernas, com as capacidades de best-in-class de ambientes de visualização ultra-alta resolução, criando assim conceitualmente novos ambientes imersivos que referem-se a ambientes de realidade como híbridos (HREs). No entanto, o sistema Cave2 [12], até à data, é a primeira implementação completa de um verdadeiro ambiente de realidade híbrida.

## VII. C CONCLUSÃO

Este artigo descreve os requisitos práticos e dá uma visão geral do sistema dos sistemas de cavernas modernas. Também discutimos aplicações de sistemas de cavernas em diversos campos. CAVE 2 simplificou as transições de interação entre conteúdos 2D e 3D, e lida de forma eficiente com múltiplas aplicações 3D.

A realidade virtual ainda está crescendo rapidamente e gerando grandes expectativas. A pesquisa futura será integrar a caverna em um ambiente que permite que os pesquisadores para realizar uma dada tarefa de forma colaborativa, mesmo quando esses usuários estão geograficamente dispersos. Desta forma, o usuário pode compartilhar remotamente o que ele / ela está olhando para, naquele momento, através de um head-mounted-Display ou mesmo uma exibição 2D.

## R EFERÊNCIAS

- [1] Daniel Cliburn e John Krantz. *No sentido de um baixo custo eficaz sistema de exibição de realidade virtual para a educação. J. Comput. Pequeno Coll 2008 pp. 147-153*
- [2] Carolina Cruz-Neira, Daniel J. Sandin, Thomas A. DeFanti, Robert V. Kenyon, e John C.Hart. *A caverna: experiência visual ambiente virtual automática de áudio. Commun. ACM 1992, pp.64-72.* [3] Kiran J. Fernandes, Vinesh Raja, e Julian Eyre. *ciberespaço: o totalmente imersiva esférica Sistema de projecção. Commun. ACM 2003, pp.141-146.* [4] Greg Humphreys, Mike Houston, Ren Ng, Randall Frank, Sean Ahern, Peter D. Kirchner, e James T. Klosowski. *Cromo: um quadro-processamento de fluxo de renderização interativa em clusters. em SIGGRAPH '02: Anais da conferência anual dia 29 de Computação Gráfica e técnicas interactivas, pp. 693-702.* [5] Mark J. Prusten, Michelle McIntyre, e Marvin Landis: *fluxo de trabalho 3d gasoduto para caverna virtual ambientes. em SIGGRAPH '05: ACM SIGGRAPH 2005 Posters, pp. 58.* [6] Achille Peternier, Sylvain Cardin, Frédéric Vexo, Daniel Thalmann, "Design prático e implementação de um sistema de cavernas,"Pp.5-6.

- [7] Regis Rossi A. Faria, Leandro F. Thomaz, Luciano Soares, Breno T. Santos, Marcelo K. Zuffo, João Antônio Zuffo, "AUDIÊNCIA - Áudio Immersion experiências na CAVERNA Digital ", "Pp.7-11. [8] Robert V. Kenyon, " A CAVE <sup>TM</sup> Automatic Virtual Environment: Características e Aplicações ", pp.2-6. [9] Jeffrey Jacobson. "Usando caveut para construir monitores imersivos com o motor Unreal Tournament e um cluster de PCs." *Em I3D '03: Anais do Simpósio de 2003 sobre gráficos interativos em 3D, pp 221-222.* [10] M. Phillip Sauter. *Vr2go: um novo método para a realidade virtual desenvolvimento. SIGGRAPH Comput. Gráfico de 2003 pp: 19-22.*
- [11] T. vd Schaaf, DM alemães, M. Koutek, e HE Bal. *lcwall: a exibição estéreo azulejos calibrados a partir de componentes de commodities, 2006 pp: 289-296.*
- [12] Alessandro Febretia, Arthur Nishimotoa, Terrance Thigpena, Jonas Talandisa, Lance Longa, JD Pirtlea, Tom Peterkaa, Alan Verloa, Maxine Browna, Dana Plepysa, Dan Sandina, Luc Renambota, Andrew Johnsona, Jason Leigha: *Cave2: A realidade híbrida ambiente para Immersive simulação e informações análise, Laboratório de Visualização Eletrônica, Universidade de Illinois em Chicago (UIC) pp: 1-6.* [13] DeFanti, T. um. *et al. O StarCAVE, uma caverna de terceira geração e OptiPortal realidade virtual. Futuros Sistemas de Computação Geração 25, 2009 pp: 169-178.* [14] Markus Gross, Stephan Wrmilin, Martin Naef, Edouard Lamboyay, Christian Spagno, Andreas Kunz, Esther Koller-meier, Tomas Svoboda, Luc Van Gool, Silke Lang, Kai Strehlke, Andrew Vande Moere, Eth Zrich, e Oliver Staadt. *Azul-c: Um display espacialmente imersiva and3d portal de vídeo para telepresença, pp: 819-827.* [15] Ed Lantz. *Uma pesquisa de grande escala exposições imersivas. em EDT '07: Proceedings of the 2007workshop sobre Emergentes exibe tecnologias, página 1.* [16] Roland Blach, Jürgen Landauer, Angela Rösch, e Andreas Simon: *Um sistema de realidade virtual altamente flexível, pp: 5-10.* [17] Trina M. Roy, Carolina Cruz-Neira, Thomas A. DeFanti eletrônico Visualization Laboratory da Universidade de Illinois em Chicago: *Verme cósmica na caverna: Direcção uma aplicação de computação de alto desempenho a partir de um ambiente virtual, pp-5-9.* [18] Luc Renambot Henri, e.Bal Desmond alemães, Hans jw spoelder: *CAVEStudy: uma infra-estrutura para Computacional Steering em ambientes de realidade virtual, pp: 4-7.* [19] Jurgen Symanzik, Dianne Cook, Bradley D. Kohlmeier, Carolina CruzNeira: *Gráficos dinâmicos estatísticos na caverna virtual realidade Meio ambiente, pp: 2-6.* [20] Akira Kageyama e Youhei Masada: *Aplicações e um período de três dimensional Ambiente Desktop para um sistema de realidade virtual imersiva. pp: 1-4.* [21] Nobuaki Ohno e Akira Kageyama: *Introdução à Realidade Virtual Visualization pelo sistema CAVE, pp: 31-36.* [22] Nikhil Chawla, Nidhika Gupta e Kavita Choudhary: *Realidade Virtual - vivendo o "CAVE" Mais uma vez, pp-1-4.*