

Capítulo 7

Visualização, Colaboração Remota e Realidade Virtual e Aumentada na Petrobras

Ismael H. F. dos Santos
CENPES - Petrobras

Alberto Raposo
Tecgraf - Depto. de Informática - PUC-Rio

Resumo

Os sistemas de produção de petróleo em águas profundas, incluindo as unidades flutuantes (plataformas ou navios) e todos os equipamentos que participam da produção, são atualmente projetados por complexos sistemas de modelagem computacional. Tais sistemas envolvem as áreas de cálculo estrutural, meteo-ceanografia (forças de correntes, ondas e ventos), hidrodinâmica, risers (tubos de aço rígidos ou flexíveis para levar o óleo do poço em subsuperfície até a unidade de produção), sistemas de ancoragem, equipamentos submarinos, fundações e avaliação de risco geológico-geotécnico. O projeto de uma nova unidade de produção é um processo longo e custoso, podendo durar alguns anos e consumir centenas de milhões de dólares, dependendo da complexidade da unidade e do estágio de maturação da tecnologia a ser desenvolvida para tornar o projeto econômico e tecnicamente

viável. Os projetos são conduzidos por diversos especialistas, muitas das vezes geograficamente dispersos, gerando artefatos e resultados independentes, porém altamente inter-relacionados. A necessidade de colaboração é uma característica inerente aos projetos de unidades flutuantes de produção para águas profundas. A possibilidade de compartilhar informações entre usuários, controlar a execução de diferentes ferramentas de modelagem, visualizar e manipular modelos 3D virtuais em ambientes imersivos de Realidade Virtual vem extrapolando os limites das atividades das equipes na indústria do petróleo especialmente em Geociências e Engenharia de Petróleo.

O objetivo deste capítulo é apresentar o estágio atual do desenvolvimento das tecnologias de Realidade Virtual e Aumentada e Colaboração Remota no Centro de Pesquisas da Petrobras (CENPES) e mostrar como as mesmas são usadas para auxiliar no processo de construção de empreendimentos complexos de Exploração e Produção (E&P) como os campos do Pré-Sal da Bahia de Santos.

Introdução

A indústria de petróleo tem sido uma das mais ativas em explorar o potencial da Computação Gráfica e da Realidade Virtual (RV) para incrementar suas atividades de negócio. Uma das motivações para o uso dessas tecnologias foi a dificuldade enfrentada pelas companhias petrolíferas no final da década de 1990, quando o preço do petróleo esteve em níveis muito baixos. Houve então uma imensa pressão para redução dos custos de exploração e desenvolvimento de novas reservas e dos campos existentes. As tecnologias de visualização e RV foram apontadas pela indústria petrolífera como uma das ferramentas-chave para vencer estes desafios. Os centros de RV (VRCs – *Virtual Reality Centers*), equipados com recursos como grandes telas de projeção, sofisticados dispositivos de interação 3D e projeção estereoscópica, logo se tornaram populares na indústria de petróleo, pois permitem que especialistas interpretem grandes volumes de dados de maneira rápida e proporcionando uma melhor compreensão dos resultados (American, 1998), (Russo et al., 2004).

As contínuas e crescentes pressões para o aprimoramento dos processos do seguimento de Exploração e Produção (E&P) têm gerado demandas para os pesquisadores das áreas de Computação Gráfica, RV e Realidade Aumentada (RA) estenderem suas tecnologias, de modo a torná-las amplamente utilizadas em todas as fases da exploração e produção de petróleo. A construção de aplicações de visualização, RV e RA para a indústria de petróleo passa pelo completo entendimento dos processos que elas apoiarão e pelo reconhecimento das expectativas dos usuários. Dado o grande número de processos e atividades envolvidas, a construção desses ambientes para cada aplicação potencial é uma tarefa geralmente cara e demorada. Neste sentido, é muito importante que as pesquisas proporcionem a criação de arquiteturas de software flexíveis e reconfiguráveis, para que esses sistemas possam ser mais facilmente construídos atendendo a demandas específicas.

Os desafios são grandes, e grandes também são as oportunidades de pesquisa na área. O presente capítulo pretende apresentar um pouco da experiência do CENPES (Centro de Pesquisas da Petrobras) em parceria com o Tecgraf (Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica) da PUC-Rio em diversos projetos nessas áreas. Serão ilustrados os principais resultados alcançados e os grandes desafios a serem vencidos nos próximos anos. Dentre as atividades realizadas nessa parceria indústria-academia, destaca-se a construção de ferramentas de interação e visualização foto-realistas em tempo real para ambientes virtuais, dando suporte a programas para representação e inspeção de maquetes eletrônicas, bem como para a representação de modelos naturais, tais como terrenos, reservatórios de petróleo, céu e mar (Raposo et al., 2009). Desenvolveram-se também ferramentas para implementar aplicações em ambientes colaborativos, permitindo que os usuários manipulem os modelos remotamente e sincronizem a visualização de aplicativos distribuídos (Santos et al., 2011). Outra atividade relacionada é o desenvolvimento e experimentação com novos dispositivos de interação 3D e visualização imersiva, tais como sistemas estereoscópicos multiprojetados, mecanismos de rastreamento de usuário, dentre outros.

Atualmente a Petrobras tem

instaladas mais de vinte salas de visualização nas suas diversas unidades operacionais espalhadas pelo país. Destaca-se, em especial, o fato de que a primeira sala montada foi em 1998 no CENPES e mais recentemente a criação do Núcleo de Visualização e Colaboração (NVC) um complexo composto

de vários ambientes de visualização equipados com modernos equipamentos preparados para a pesquisa e o desenvolvimento de novas metodologias para alavancar as atividades das diversas áreas da companhia (**Figura 1**).

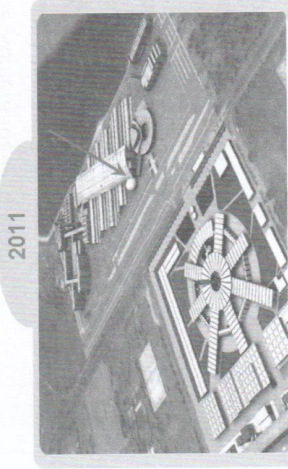


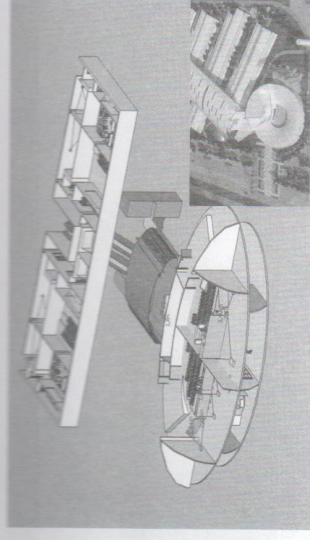
Figura 1: Expansão do CENPES (a). Ambientes de visualização do NVC no DOMO (b).

Por serem atividades essencialmente multidisciplinares, os projetos na área de visualização na indústria do Petróleo não envolvem apenas computação gráfica, RV e RA, mas algumas áreas relacionadas, como interação humano-computador, sistemas colaborativos, computação móvel, design, dentre outras. Para efeitos didáticos, dividiremos este texto em três áreas temáticas, que serão apresentadas nas quatro próximas seções: RV, RA, Interação 3D e Sistemas Colaborativos.

2 Realidade Virtual

Não existe um consenso sobre a definição de Realidade Virtual. Alguns autores tentam listar elementos-chave de RV, tais como imersão (sensação de estar em um ambiente), interatividade e realimentação (*feedback*) sensorial (visual, auditivo e tátil) (Sherman e Craig, 2003). Outros autores descrevem RV de uma maneira geral, como uma técnica avançada de interface, onde o usuário pode navegar e interagir em um ambiente sintético tridimensional gerado por computador, estando completa ou parcialmente presente ou imerso pela sensação gerada por canais multisensoriais, sendo o principal a visão (Burdea and Coiffet 1994).

Em linhas gerais podemos dizer que por imersão entende-se a "sensação de ser transportado para outra realidade", que pode ser obtida por meio de um sistema computacional que estimule os sentidos humanos (visão, audição, tato, etc.) através de estímulos sintéticos. Além da projeção e visualização de conteúdo 3D, é importante levar em consideração outros equipamentos adicionais usados pelas aplicações de realidade virtual e aumentada, tais como: mouse 3D, rastreadores ópticos, controles inerciais, equipamento para visualização de estereó ativo e passivo, telas sensíveis ao toque,



câmeras capazes de reconhecer silhuetas e gestos, dentre outros. Esses equipamentos oferecem um canal de entrada e saída de dados e eventos usados para interagir em tempo real com o conteúdo 3D.

A pesquisa relacionada a sistemas de realidade virtual teve o seu surgimento e grande aplicabilidade na indústria automobilística, aplicações militares e mais recentemente nas áreas de jogos e entretenimento. Especialmente nos últimos anos, passou a ser cada vez mais relacionada a outros segmentos da indústria. Áreas como Engenharia, Medicina e Geociências têm buscado soluções integradas com RV para melhor representação, percepção e análise do espaço físico envolvido. Em todas estas áreas o uso de RV permite um ganho nos processos de análise quando é conjugada com processos de simulação, por exemplo, a visualização em tempo real dos efeitos de uma mudança em um modelo sendo estudado facilita a compreensão do processo (Brodie, 1993).

Explorar a ideia da imersão virtual em RV é fundamental, principalmente em projetos que visam recriar ambientes reais, por exemplo, para acompanhamento e gerenciamento remoto de processos industriais. Neste sentido, o termo imersão está relacionado com o objetivo de manter o envolvimento dos usuários em uma experiência virtual. Mesmo sabendo que o conteúdo virtual sendo exibido não é real, é importante que os usuários de alguma forma, consciente ou inconscientemente, estejam ligados com a experiência. Questões como estas fazem parte do conceito de presença.

Presença está relacionada com o conceito de telepresença que foi inicialmente apresentado por Marvin Minsky (Minsky, 1980) para descrever a sensação que alguém teria operando uma máquina remotamente, ou seja, a sensação de estar em um lugar diferente através de um sistema de teleoperação. Assim sendo, este conceito é também aplicável no contexto de RV, sendo que os mediadores da experiência desta vez são os equipamentos computacionais responsáveis por envolver os usuários tecnologicamente de tal forma que sintam que estão presentes e podem atuar no ambiente virtual. A telepresença no contexto de RV é comumente associada à sensação de "Being Virtually There" (VirtuallyThere BP, 2011). **Figura 1**



Figura 2:
Representação da
sensação de "Being
Virtually There" durante
o acompanhamento de
uma operação através
de um cenário 3D.

realistas e a exibição das mesmas em equipamentos imersivos que envolvam física e psicologicamente os usuários, por exemplo, uma CAVE. A capacidade de interagir é provida pelo uso de técnicas de interação em conjunto com dispositivos de interação 3D. Maiores detalhes serão vistos adiante na seção de Interação 3D.

Ambientes de RV vêm sendo usados em aplicações de engenharia para revisão de projeto, prototipação virtual e marketing, principalmente nas indústrias automobilística, aeroespacial e de petróleo. Recentemente algumas dessas abordagens começaram a ser usadas em outras áreas, como treinamento de segurança (Pouliquen et al., 2007), simulações físicas e estudos ergonômicos (Gironimo et al., 2006).

A realidade virtual está cada vez mais presente em nosso dia-a-dia. Existem profissionais que já se utilizam dessas ferramentas para aperfeiçoar o seu trabalho diariamente. É o caso das polícias de alguns estados brasileiros, que estão implantando o uso dessa tecnologia para capacitação e treinamento de situações de combate (Virtra Systems, 2011).

A seguir apresentamos algumas das aplicações nas áreas de VR e RA produzidas pelo CENPES em parceria com profissionais das Universidades na área de Computação Gráfica e Realidade Virtual e Aumentada.

3.1 Environ – Environment for Virtual Objects Navigation

Uma das aplicações de RV desenvolvidas para a área de engenharia é o Environ (Raposo et al., 2009), (Raposo et al., 2006), que nasceu da necessidade de visualizar em RV grandes modelos de engenharia construídos em ferramentas de CAD (Computer Aided Design),

Figuras 3 e 5. O Environ é um visualizador de alto desempenho para modelos massivos de engenharia, com o objetivo de visualizar em tempo real objetos exportados a partir de alguns formatos de CAD com foco no alto grau de realismo. O objetivo é ter estes modelos visualizados tanto em PCs "convencionais" (desktop) quanto em ambientes imersivos com suporte a sistemas com múltiplas projeções (CAVEs, Power Walls, etc.).



(a)



(b)

Figura 3: Refinaria do Nordeste no Environ
(a), Plataforma P-43
(b).

No Environ, o interesse está nas possibilidades de integração entre RV e CAD, onde a RV é vista como uma forma avançada de visualizar modelos CAD em tempo real e interagir com eles para fins comuns de aplicações CAD, como sessões de revisão de projetos (*design review*), acompanhamento de processos de construção e montagem de grandes empreendimentos, comissionamento de equipamentos e treinamentos de processos de instalação e manutenção, execução de procedimentos de segurança, etc.

Adicionalmente, o Environ também é utilizado para visualização imersiva de simulações de engenharia offshore avançadas, por exemplo, análise de dinâmica de fluidos computacional (CFD).

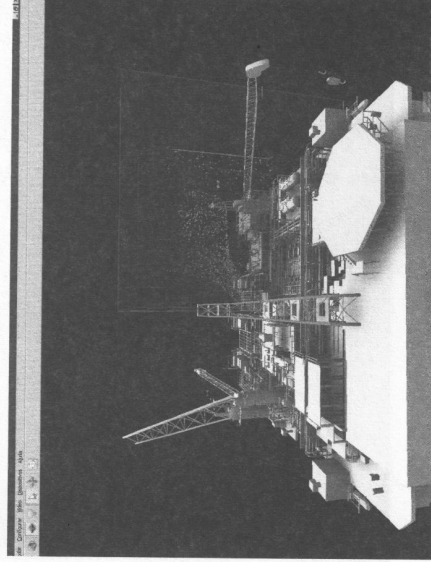
análise de projetos de estruturas offshore, entre outros (**Figura 4**). Entretanto, para tirar vantagem da RV na visualização desses sistemas, existem muitos desafios a serem vencidos. Um deles diz respeito à complexidade dos modelos CAD, que usualmente não são produzidos para serem visualizados em tempo-real. As taxas de atualização não são satisfatórias quando modelos CAD muito complexos são carregados sem um tratamento prévio, especialmente em regiões com grande concentração de objetos. Este problema é agravado pelo fato das conversões de modelos CAD para RV normalmente gerarem anomalias não desejáveis nos modelos.

Também não é viável a transformação de um modelo CAD que esteja sendo permanentemente atualizado em um modelo para visualização. Dessa forma a pesquisa de técnicas de visualização eficiente em tempo real de modelos de CAD massivos representa um grande desafio para a pesquisa ainda não totalmente resolvido (Raposo et al., 2006).

Outro desafio é a dificuldade na produção de imagens com realismo fotográfico. Modelos CAD geralmente não são modelados com vistas à criação de uma representação realista do modelo final e por isso não têm atributos de materiais e texturas associados aos objetos, e embora muitas ferramentas de CAD disponham desses recursos, muitos



(a)

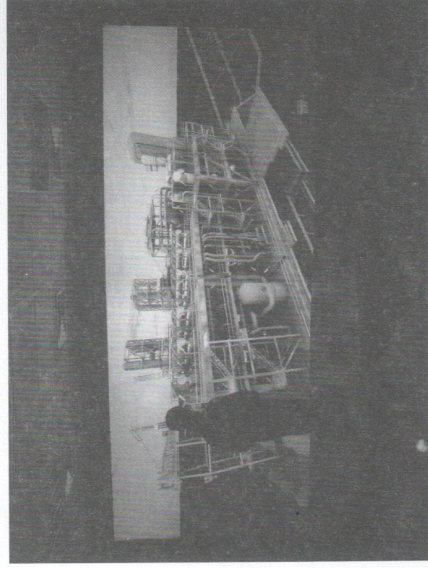


(b)

Figura 4: Visualização de simulação offshore (a) e análise de CFD da dispersão de gases em uma plataforma (b) no Environ.



a



b

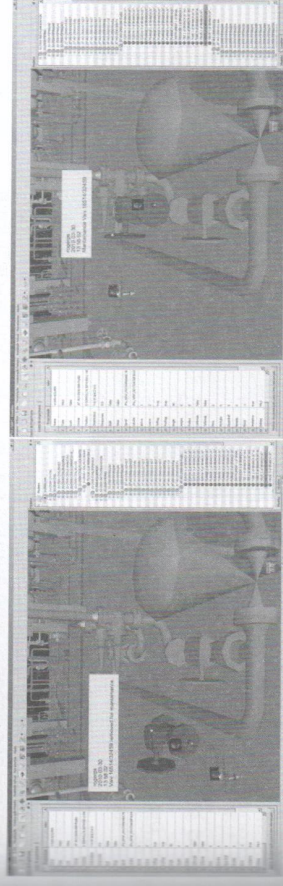
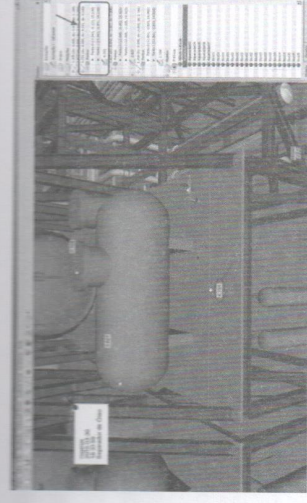
Figura 5: Environ executado em ambiente imersivo. Cave de três lados no NVC (a) e Tela Plana (Powerwall) na sala da Engenharia do CENPES, Espaço Galileu (b).

modeladores de CAD não as utilizam. Isso acontece porque essas informações não são essenciais para o processo de produção que é o principal objetivo dos modelos CAD. Entretanto, essa informação é importante para se produzir visualizações realistas.

O Environ é parte de uma iniciativa para a criação de uma infraestrutura computacional criada internamente na Petrobras para o controle do ciclo de vida de unidades industriais de produção (plataformas) e refinarias, o sistema Proteus. A geração automática de ambientes de RV baseado nesses modelos CAD é outro objetivo desse sistema e vem sendo desenvolvido dentro do Environ. Com esse objetivo o Environ foi então projetado para ser uma ferramenta extensível, com flexibilidade para receber novas funcionalidades e incorporar *plugins*, de acordo com os requisitos das diferentes áreas da Petrobras. Esse conceito é o oposto do oferecido pelas soluções comerciais, que apresentam “caixas-pretas”, com avanços desenvolvidos pelo produtor conforme a sua conveniência. O Environ tem conseguido bons resultados na conversão de CAD para RV, sendo capaz de incluir efeitos na cena, com níveis de interatividade aceitáveis em cenas bastante complexas.

Por fim vale ressaltar duas importantes ferramentas presentes no Environ, que são a possibilidade de criações de anotações 3D e de medições arbitrárias no modelo 3D. Com essas duas ferramentas pode-se preparar uma sequência de ações animadas dentro do *software*

(salvas opcionalmente em vídeo) mostrando, por exemplo, uma operação de desmontagem de um determinado equipamento. A **Figura 6** mostra um conjunto de medidas e anotações descrevendo um processo de manutenção em um separador de óleo e água de uma plataforma de petróleo.



2.2 SIVIEP – Sistema de Visualização Integrada de Exploração e Produção

Outra aplicação de RV que vem sendo desenvolvida é o SIVIEP (Sistema de Visualização Integrado de Exploração e Produção). Seu objetivo é ser uma aplicação para visualizar de forma integrada os diferentes modelos 3D presentes no processo de extração e produção de petróleo. Os sistemas computacionais até então utilizados na área de Exploração e Produção (E&P) da Petrobras não permitiam a visualização integrada de todos os tipos de dados e modelos de Geociências e Engenharia envolvidos em um empreendimento. Existia, portanto, uma necessidade crescente de integração de disciplinas, que poderia ser melhorada pela visão combinada dos diferentes modelos utilizados nas diversas etapas de um projeto de E&P (**Figura 7**).

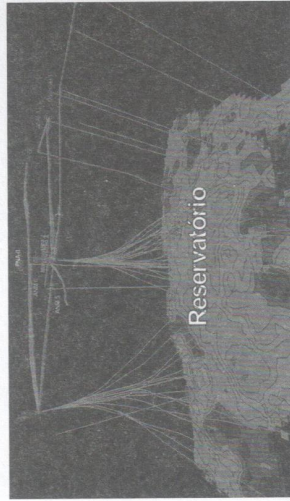
Figura 6: Environ sendo usado para criar medidas no modelo virtual (acima) e para descrever um processo de manutenção através do uso de anotações 3D em modelos CAD.



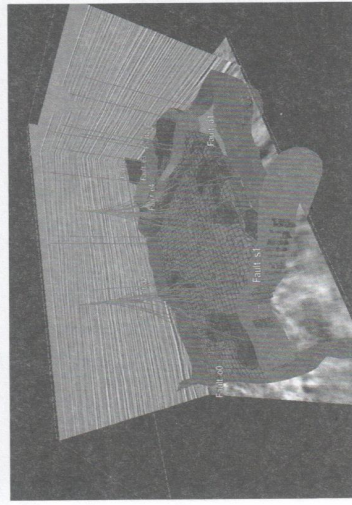
Figura 7: Interface do SIVIEP integrando os diversos tipos de visualização.

A integração visual de dados das diversas áreas elimina as barreiras de comunicação normalmente existentes em projetos da indústria de petróleo, trazendo ganhos de produtividade e qualidade nas tomadas de decisão. A aplicação destas tecnologias a atividades como: interpretação e processamento de dados sísmicos; modelagem geológica; caracterização e gerenciamento de reservatórios; planejamento e acompanhamento de perfuração de poços; projeto de sistemas de produção e análise integrada em engenharia; simulação de planos de emergência e contingência para controle e monitoração de riscos ambientais permite uma redução substancial de prazos e dos riscos de operação durante a execução dos projetos.

O SiVIEP trouxe o desafio da



a



b

Figura 8: Visualização de um arranjo de poços (a) e junção com a sísmica e a interpretação de falhas geológicas (b) no SiVIEP.

submarinos e sistemas de instalações de produção, incluindo as plataformas de petróleo. Para a visualização apropriada desses objetos é preciso o uso de diferentes escalas e diferentes níveis de detalhe (**Figura 8**). Além de proporcionar a interação do usuário com os objetos 3D de tais modelos, o sistema realiza a integração desses

vários modelos, permitindo ao exploracionista e ao engenheiro de petróleo uma visão integrada de todos os sistemas componentes de um empreendimento de E&P.

O SiVIEP tenta cobrir uma demanda por uma ferramenta de visualização integrada estendida a todos esses modelos utilizados em um empreendimento de E&P. O que existe atualmente no mercado, são diversas aplicações independentes, cada uma delas focada em diferentes etapas do processo de trabalho. O SiVIEP atende a necessidade da empresa de integrar tais etapas, o que permite uma visão gerencial integrada dos modelos pertencentes a estas etapas. Esta necessidade é atendida pelo sistema juntamente com recursos de realidade virtual.

2.3 SimUEP – Simulação Virtual de Operações de Produção em UEPS

O SimUEP é um ambiente para simulação virtual de operações de produção em unidades estacionárias de Produção (UEPs) criado para a pesquisa e desenvolvimento de novos métodos de operação e otimização de UEPS.

O SimUEP objetiva a criação de um ambiente virtual de qualidade visual com alto grau de realismo para simular o comportamento



Figura 9: Operações de manutenção típicas em UEPS. Separador eletrostático de uma UEP (a), abertura e fechamento de válvulas e operação virtual em uma válvula (c).

de situações reais em operações e ou manutenções em equipamentos de plataformas offshore (**Figura 9**). O modelo de interação entre o cenário e o operador deve ser o mais próximo possível do real de forma a criar uma experiência eficaz durante o uso do simulador quando usado, por exemplo, para treinamento. O uso de simulação virtual com suporte de técnicas de realidade virtual

traz benefícios, pois reduz custos e riscos, por não depender da disponibilidade de recursos reais e poder ser realizada a qualquer tempo e em qualquer lugar.

Através da criação de uma interface com recursos de interação tridimensional, estereoscopia, projeção em múltiplas telas, rastreamento de movimentos da cabeça (*head tracking*) e interfaces multimodais (gestos, multi-toque, etc.), o SimUEP permite que as atuações dos operadores sobre os equipamentos possam ser simuladas de maneira realista, provocando reações no modelo virtual da planta de processos similares às que ocorreriam numa planta real. O SimUEP acrescenta a possibilidade de o operador percorrer a plataforma virtualmente executando operações de manutenção a qualquer instante o que aumenta ainda mais a eficácia do treinamento.

Como plataforma de desenvolvimento, foi usado um Ambiente Integrado que permite a criação rápida de aplicações interativas de realidade virtual imersiva, comumente chamados de ambientes RAI (*Rapid Application Development environments*), no estilo dos *softwares* de jogos, porém voltados para a resolução de problemas e/ou treinamento de usuários, o que vem sendo chamado de "Serious Games Applications". Por ser baseado na tecnologia de componentes, esse ambiente proporciona a integração de novas funcionalidades de outras bibliotecas, permitindo a reutilização de componentes previamente desenvolvidos em outros projetos da Petrobras ou mesmo por terceiros.

A arquitetura com o módulo SimUEP-Server visualiza representando cada um dos operadores participantes da operação situados na UEP. O SimUEP-Server atualiza as posições dos avatares de acordo com as posições dos operadores na UEP. Além disso, está prevista a recepção de *streaming* de áudio e vídeo dos operadores na UEP, gerenciado pelo SimUEP-Client, aumentando os recursos de colaboração remota da SCVI. De posse de todos esses recursos, o coordenador situado na SCVI é capaz de acompanhar e coordenar as ações durante uma operação de manutenção sem a necessidade de deslocamentos dos especialistas para a UEP.

Uma SCVI consiste na utilização de uma sala imersiva, como a CAVE localizada no NVC, onde o módulo SimUEP-Server visualiza imersivamente um modelo virtual de uma UEP e alguns avatares representando cada um dos operadores participantes da operação situados na UEP. O SimUEP-Server atualiza as posições dos avatares de acordo com as posições dos operadores na UEP. Além disso, está prevista a recepção de *streaming* de áudio e vídeo dos operadores na UEP, gerenciado pelo SimUEP-Client, aumentando os recursos de colaboração remota da SCVI. De posse de todos esses recursos, o coordenador situado na SCVI é capaz de acompanhar e coordenar as ações durante uma operação de manutenção sem a necessidade de deslocamentos dos especialistas para a UEP.

Os principais componentes do SimUEP são: *engine* gráfico provendo recursos de visualização 3D imersiva; um componente para gerência de áudio e vídeo *streaming*, um componente para suporte de dispositivos de interação associada ao componente responsável pela implementação das técnicas de interação 3D suportadas; e um componente para suporte a colaboração remota além de uma interface genérica para o acoplamento do simulador de engenharia. No exemplo da **Figura 10a** o simulador de operações em UEPs, AmbSim, desenvolvido no CENPES está integrado aos demais componentes do SimUEP.

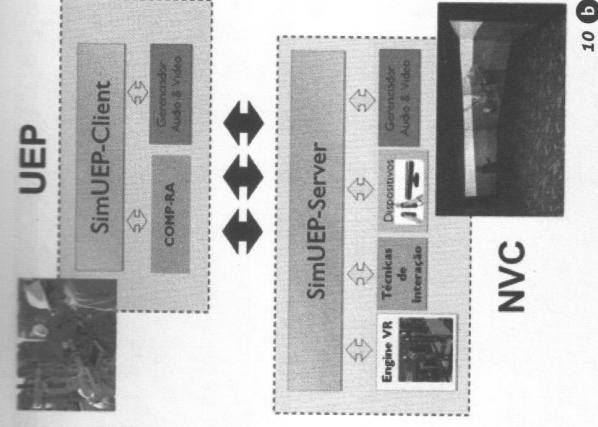


Figura 10: Arquitetura e alguns plugins do SimUEP (a). Implementação da arquitetura cliente-servidor para suporte a operações de instalação e manutenção remota em UEPs (b).

Para o suporte e acompanhamento remoto de operações de instalação e/ou manutenção de equipamentos em UEPs o SimUEP provê a criação de uma Sala de Controle Virtual Imersiva (SCVI) onde um coordenador pode acompanhar remotamente as atividades de um ou mais operadores trabalhando em uma UEP. Isto difere do treinamento de operários utilizando ambientes imersivos proposto por (Fiske and Hill, 2010), pois na abordagem do SimUEP utiliza-se o ambiente imersivo para a atividade de coordenação e consultoria das ações realizadas.

Uma SCVI consiste na utilização de uma sala imersiva, como a CAVE localizada no NVC, onde o módulo SimUEP-Server visualiza imersivamente um modelo virtual de uma UEP e alguns avatares representando cada um dos operadores participantes da operação situados na UEP. O SimUEP-Server atualiza as posições dos avatares de acordo com as posições dos operadores na UEP. Além disso, está prevista a recepção de *streaming* de áudio e vídeo dos operadores na UEP, gerenciado pelo SimUEP-Client, aumentando os recursos de colaboração remota da SCVI. De posse de todos esses recursos, o coordenador situado na SCVI é capaz de acompanhar e coordenar as ações durante uma operação de manutenção sem a necessidade de deslocamentos dos especialistas para a UEP.

O canal de comunicação entre o coordenador na SCI e os operadores na UEP é realizado através de conversas (áudio), porém o coordenador tem sempre uma visão mais abrangente da operação dado os recursos da visualização imersiva e o acesso ao sistema de controle supervisório da UEP (ECOS). A **Figura 10b** ilustra o fluxo de informações entre os operadores na UEP e o coordenador no NVC. Os primeiros testes em campo do SimUEP estão previstos para o início de 2013.

Ao coordenador é permitida a interação 3D com o cenário virtual da UEP para examinar as atividades dos avatares. Essas interações consistem na execução de técnicas de navegação, manipulação e seleção. A navegação consiste de duas modalidades: "God Eye's View" e "First Person View" (Bowman 2004). A primeira permite visualizar o cenário de um ponto de vista externo proporcionando uma visão global da cena, enquanto que na segunda modalidade há a visualização similar ao ponto de vista de um avatar, ou seja, segundo as limitações de gravidade, colisões, entre outras existentes no mundo virtual.

3 Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada (RA) pode ser vista como uma variação da RV. Em RV, o usuário é imerso em um ambiente sintético e não participa do mundo real a sua volta. A RA permite que o usuário veja o mundo real com objetos virtuais superpostos ou combinados com ele. Portanto, a RA suplementa a realidade, ao invés de substituí-la completamente. Para o usuário, os objetos reais e os virtuais coexistem no mesmo espaço.

Nos últimos anos a utilização da tecnologia de realidade aumentada tem sido explorada como uma ferramenta para assistir ao usuário na realização de uma tarefa específica, onde além do conhecimento próprio do usuário, a ferramenta também oferece visualmente novas informações que podem auxiliar o usuário na realização da tarefa indicada (**Figura 11**). A possibilidade de combinar representações virtuais com o mundo real permite dar ao usuário informações adicionais sobre o mundo real que não podem ser obtidas pelos sentidos

humanos. As aplicações beneficiárias do uso de RA envolvem, por exemplo, o conserto de componentes internos de um sistema mecânico, cujas informações de manutenção são virtualmente mostradas sobre as peças a serem reparadas.

Tarefas de inspeção e manutenção, quando executadas sem o devido conhecimento, podem se tornar perigosas e erros nestas circunstâncias podem causar grandes prejuízos materiais (Dzwirek, 2004). Além do perigo de danos no próprio objeto alvo da manutenção e/ou inspeção, o operador que está realizando a tarefa também está sujeito a sofrer ferimentos caso algum procedimento seja realizado de maneira incorreta.

Esforços têm sido realizados para reduzir a taxa de erros em atividades minuciosas de manutenção e/ou inspeção, existindo grande foco no uso de Realidade Aumentada como uma ferramenta com tal intuito. Um exemplo disto é o projeto ARMAR (Henderson e Feiner, 2009), no qual foi desenvolvido um sistema para auxiliar na manutenção de equipamentos bélicos. Os testes realizados relataram que, utilizando o sistema, os usuários conseguiram identificar as tarefas a serem executadas de forma mais ágil e com menos movimentos do pescoço, região do corpo bastante propensa a lesões neste tipo de atividade.

Algumas empresas importantes têm investido tempo e desenvolvido aplicações usando realidade aumentada para permitir a seus operadores acessar informações adicionais em tempo real para auxiliar a realização das tarefas de verificação e resolução de problemas nos seus equipamentos. Na medicina, a RA também pode ser

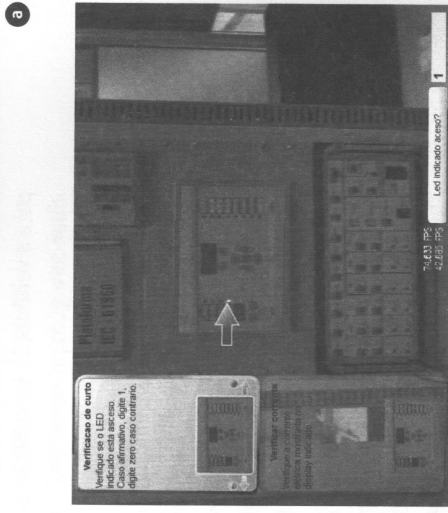


Figura 11: Manutenção assistida por RA. Manutenção de motor (a) e procedimento de verificação de um painel elétrico de uma subestação de energia elétrica (b).

bastante útil, ao indicar, por exemplo, onde o cirurgião deve fazer a incisão em um paciente. Os militares também têm empregado a RA no intuito de prover à tropa informações vitais sobre seus arredores. Na educação e entretenimento a RA também tem grande potencial.

Outras aplicações de realidade aumentada exploram também a utilização de tecnologias alternativas como GPS, redes sem fios e radio frequência no processo de identificação da posição de forma a acompanhar a movimentação do usuário dentro da área indicada para a verificação e avaliação de um determinado equipamento, auxiliando algum processo de manutenção ou instalação.

Uma variação de RA que vem sendo muito estudada nos últimos anos é a Realidade Diminuída (RD) onde objetos reais da cena são subtraídos da imagem visualizada pelo usuário para facilitar a compreensão de uma cena complexa, como por exemplo, num painel de conexões onde existem inúmeros fios que atrapalham a execução de uma conexão específica no mesmo painel.

Uma das consequências do advento da RV e da RA foi a necessidade de se redefinir o paradigma de interface humano-computador (HCI, *Human Computer Interaction*). O sistema tradicional mouse-teclado-monitor foi substituído por dispositivos que permitissem maior imersão do usuário no ambiente virtual e o manuseio de todas as potencialidades dessa nova tecnologia.

Outra característica própria de aplicações de RV e RA é que elas geralmente não são projetadas para serem usadas em um ambiente específico, mas para serem usadas em diferentes configurações (Cave, PowerWalls, Dome, etc.) e com diferentes dispositivos de interação (mouse3D, joystick, etc.). Esses desafios nos levam à próxima área de estudos que será apresentada neste texto, a interação 3D, que estuda métodos e tecnologias para interação humano-computador fora dos ambientes tradicionais de desktop.



Interação 3D

Atualmente estamos vivenciando um momento repleto de novidades em relação à interação humano-computador. Novas formas de interação e o acesso a tecnologias antes disponíveis somente a

grandes centros tecnológicos estão cada vez mais próximos da realidade cotidiana do usuário comum. Estas novidades estão ficando mais visíveis em aparelhos convencionais através de novos recursos bastante diversificados, como por exemplo, a televisão com recursos de interação e imagem 3D; videogames oferecendo recursos de interação mais elaborados do que o joystick convencional (como o Wii da Nintendo e o Kinect da Microsoft); celulares e painéis com telas sensíveis a toque, entre outros.

As interações por meio de interfaces naturais (*Natural User Interaction, NUI*) (Rauterberg & Steiger, 1996) estão cada vez mais presentes como tema de pesquisa na comunidade acadêmica. Estas interações visam utilizar o corpo do usuário como sendo o próprio dispositivo de interação. Para isto são necessários reconhecimento e interpretação de movimentos.

Todos esses recursos tecnológicos diversificados são resultados de pesquisas multidisciplinares na área Interfaces de Interação 3D (*3DUI, 3D User Interaction*). Interação 3D é definida como o uso de uma interface humano-computador onde a linguagem usada pelo usuário para transmitir comandos e informações para o computador, e/ou a linguagem usada pelo computador para transmitir informações ao usuário são baseadas no espaço físico e suas dimensões (Massó, 2008), (Bowman et al., 2005).

A multidisciplinaridade inerente à área de 3DUI tem aproximado profissionais de diversas áreas que antes desenvolviam linhas de pesquisa separadas, e atualmente passam a trabalhar em projetos de interesse comum. Fatores como o custo reduzido de equipamentos e o aumento do poder de processamento dos computadores favorecem o avanço desses projetos. O impacto destes fatores pode ser observado na evolução das interfaces: iniciando pelas linhas de comando (1D), passando pelas convencionais 2D e a progressiva adoção das tecnologias pós-WIMP (*Windows, Icons, Menus e Pointing Device*), antes restritas a poucos centros de pesquisa e desenvolvimento.

Se por um lado este cenário vem viabilizando o surgimento de aplicações inovadoras e novos modos de interação, por outro lado o uso de ambientes virtuais e de técnicas de interação 3D é ainda nascente, sem massa crítica, e muito longe de uma padronização,

havendo relativamente pouco conhecimento sobre as melhores técnicas para implementar e avaliar o uso desses ambientes.

As tarefas de um desktop convencional são, na sua grande maioria, relacionadas à edição de textos, organização de arquivos, uso de tabelas, cálculos matemáticos, entre outros. Mas, outros domínios de aplicações surgiram, por exemplo: edição de imagens 2D, visualização de modelos CAD, visualização interativa 3D, animação de simulações de engenharia, entretenimento e jogos. As características inerentes destas novas classes de aplicações criaram uma demanda não totalmente satisfeita pela metáfora que as primeiras aplicações desktop originalmente adotaram.

A ideia da metáfora do desktop é a da criação de um escritório virtual acessível na tela do computador onde as ferramentas e arquivos contendo a informação desejada podem ser acessadas pelo clique do mouse. Os objetos de escritório são armazenados em pastas e associados a ícones e acessíveis através de janelas e menus, o que foi chamado de modelo WIMP (acrônimo para "windows, icons, menus e pointing devices"). Aplicações como criação de modelos CAD e aplicações gráficas envolvendo dados bidimensionais ainda são compatíveis com a metáfora proporcionada pelo uso do desktop, pois a forma de interação com os objetos é análoga à forma em que engenheiros e arquitetos realizam suas tarefas, quando utilizam suas pranchetas nos seus respectivos escritórios.

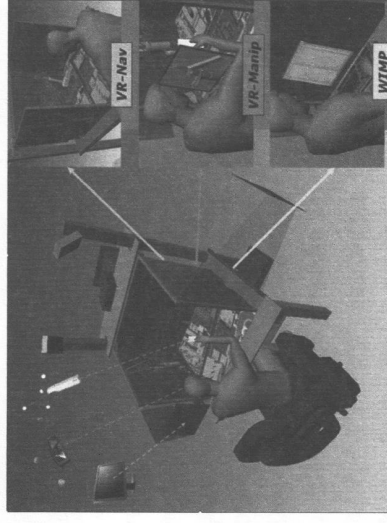
Boa parte das interfaces pós-WIMP ainda estão amadurecendo questões relacionadas a uma definição mais clara de um domínio de aplicação e um arranjo tecnológico adequado. O estudo da relação das propriedades dos dispositivos de interação e a influência destas propriedades na realização das tarefas 3D (navegação, manipulação e seleção) constituem fatores importantes para identificação de arranjos mais adequados para execução dessas tarefas. Entretanto, em um âmbito mais global, cada tarefa pode ser decomposta em subtarefas, cuja demanda tecnológica pode vir a ser um desafio, pois gera a necessidade da criação de múltiplos ambientes de interação, bem como a transição entre os mesmos. Estas transições são importantes, pois podem tanto orientar como desorientar o usuário durante a realização de uma tarefa (Carvalho et al., 2009).

A progressiva integração entre 3DUI e WIMP contribui para o desenvolvimento de um novo campo de pesquisa chamado Interfaces Híbridas (*HUI, Hybrid User Interfaces*) (Feiner and Shamash, 1991). Neste campo estão reunidos os esforços na tentativa de misturar harmoniosamente tanto os elementos virtuais (aplicações, técnicas de interação, recursos gráficos, etc.) quanto físicos (dispositivos de entrada e saída) de uma ou mais interfaces.

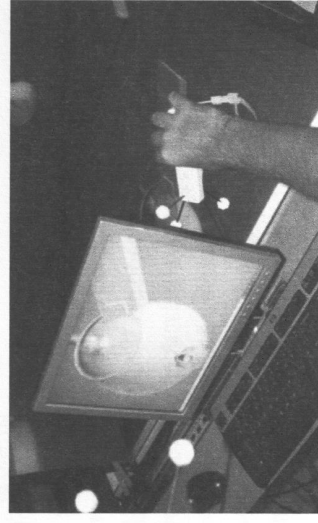
4.1 HybridDesk

Na área Interfaces Híbridas (*HUI*), foi desenvolvido um protótipo chamado *HybridDesk* (Carvalho et al., 2009). A *HybridDesk* partiu da motivação de criar um ambiente de trabalho que agregasse os recursos das tradicionais interfaces WIMP mais o acréscimo de outros recursos (*hardware e software*) que viabilizassem a realização de tarefas interativas em 3D. Ou seja, criar uma forma de integrar interfaces 2D e 3D utilizando tecnologias tradicionais e não-tradicionais (*Trackers, HMDs, Telas Multi-Toque, CAVE, Estereoscopia, entre outros*). Esta extensão para interatividade 3D foi inspirada na taxonomia das tarefas de interação 3D (Seleção, Manipulação, Navegação, *Wayfinding, Symbolic Input e System Control*) (Bowman et al., 2005) buscando criar ambientes de interação mais direcionados para elas.

O ponto de partida no design da *HybridDesk* (*Figura 12*) baseou-se nos requisitos encontrados na tarefa de criação de Anotações 3D. Estes requisitos ajudaram a identificar o arranjo tecnológico



a



b

Figura 12: Diagrama esquemático da *HybridDesk* (a), com seus três ambientes de interação. *HybridDesk* montada, sendo utilizada no modo *VR-Manip* (b)

utilizado para compor os ambientes interativos dentro da *Hybrid-Desk*. Este arranjo deveria ser capaz de prover visualizações semi-imersivas com estereoscopia e um apontador 3D do tipo *Wand* (varinha desenhada na cena 3D funcionando como um dispositivo de seleção de objetos), assim como prover acesso a uma interface WIMP.

Para atingir seus objetivos foi desenvolvido um ambiente semi-imersivo composto de três ambientes interativos através de uma composição de dispositivos de interação contemplando as tarefas de edição textual (2D), seleção, navegação e manipulação (3D). O ambiente interativo da tarefa de edição de textos segue os requisitos de uma interação WIMP 2D baseada em mouse e teclado. O ambiente interativo para tarefas de navegação e seleção foi concebido em uma CAVE adaptada para uma mesa chamada VR-Nav. Já a tarefa de manipulação 3D foi realizada por meio de um ambiente interativo concebido através de uma adaptação de um LCD utilizado como um *reaching display* (Mulder et al., 2002) para realização de manipulações a curta distância (VR-Manip).

4.2 v-Glove

Dispositivos de interação tradicionais como mouse e teclado não se adaptam adequadamente a aplicações imersivas, uma vez que sua utilização nesse tipo de ambiente não é ergonômica, já que o usuário pode estar em pé ou até mesmo em movimento. Além disso, utilizando o modelo atual de interação para esse tipo de aplicação (baseado em *Wands* e mouses 3D), o usuário se vê obrigado a realizar diversas mudanças de contexto a cada vez que necessita realizar uma tarefa não suportada no modo imersivo, especialmente a entrada de dados. Essas mudanças constantes de contexto da imersão para o modelo WIMP introduzem uma ruptura no modo de interação do usuário com a aplicação.

Recentemente interfaces de toque e multi-toque baseadas em gestos têm se tornado bastante comuns no cotidiano de usuários de sistemas computacionais tradicionais e principalmente móveis. Telefones celulares do tipo *smartphones* e *tablets* se mostram bastante adequados para esse tipo de interação, tendo assim um papel significativo na disseminação de um alfabeto de gestos bastante



Figura 13: v-Glove, um dispositivo de interação 3D baseado em uma interface de toque.

A v-Glove é uma luva para interação com ambientes imersivos de realidade virtual 3D com duas funcionalidades principais: rastreamento da posição referente ao dedo indicador do usuário no espaço e a geração de uma vibração na extremidade do dedo indicador no momento em que este atinge a localização de uma área plana mapeada no espaço de interação. O objetivo foi explorar as possibilidades de uso de um dispositivo que mapeia uma interface de toque em um ambiente imersivo de realidade virtual.

4.3 Framework de Interação 3D

Outro importante projeto na área de 3DUI é o *VRInteraction*, um *framework* de gerenciamento da interação 3D para facilitar a construção de aplicações que desejem receber dados de entrada de diversos dispositivos de interação, tais como: *mouse 3D*, *joystick*, *flystick*, *wiimote*, e outros suportados pelo *framework*.

O escopo desse *framework* inclui bibliotecas básicas de leitura de dispositivos diversos, animação, manipuladores de câmera e cálculo dos diferentes pontos de vista (*frustum*) em sistemas com múltiplas superfícies de projeção. Portanto, o principal objetivo do *framework* é prover funcionalidades de alto nível que abstraíam toda a manipulação 3D e a interação com os objetos da cena virtual tanto para ambientes desktop, quanto para salas de

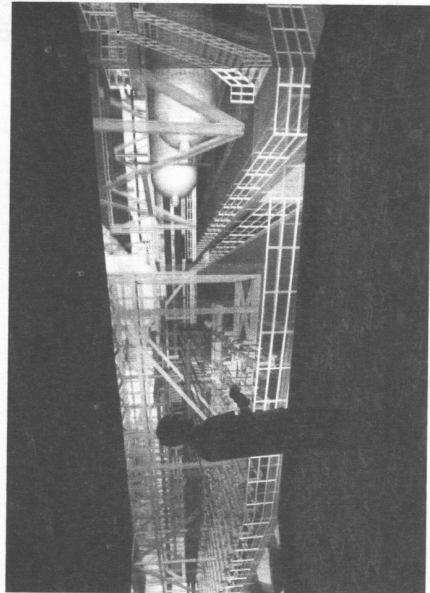


Figura 14: Interface de visualização e configuração de estereo em múltiplas telas (a). Visualização os objetos da cena de acordo com a variação automática da escala da CAVE (b).

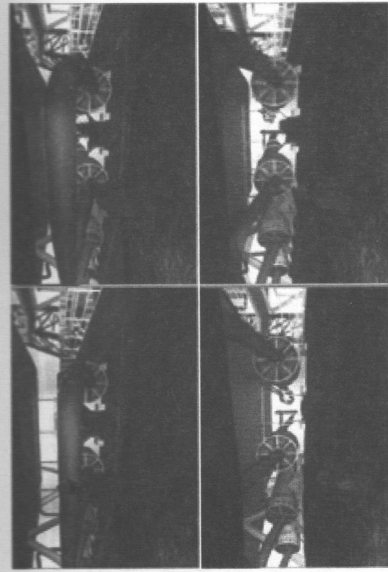
visualização 3D (Power Walls) e CAVEs (**Figuras 14 e 15**).

As funcionalidades de alto nível fornecidas pelo *VRInteraction* são manipulação de câmera 3D, varinha 3D (*Wand*) e rastreamento de cabeça (*HT, Head Tracking*). A manipulação de câmera conta com manipuladores tipo

voar (*Fly*), examinar (*Examine*), caminhar (*Walk*) e outros já configurados para serem usados por controles como mouse e teclado, *Wimote*, *ART Flystick*. A *Wand* inclui nesses controles a funcionalidade de criar uma varinha virtual para o usuário interagir com a cena 3D, fazendo seleção (*picking*) e movimentação de objetos na cena (*drag and drop*). Por fim, o rastreamento de cabeça permite à aplicação que usa este *framework* receber a posição 3D da cabeça do usuário a cada instante, informação essa que é usada para cálculo do ponto de vista (*frustum*) do sistema para cada superfície de projeção (estéreo ou mono) aumentando assim a sensação de imersão do usuário que ao movimentar a cabeça sente o reflexo "instantâneo" da movimentação da câmera, veja a **Figura 15b**.



15 b



10 b

Figura 15: Uso de dispositivo de interação (*Wand*) em ambiente imersivo (a). Usuário experimentando o *Head Tracking*, mudança automática do ponto de vista de acordo com a movimentação da cabeça do usuário no cenário virtual (b).

Sistemas de Visualização Imersiva Colaborativos

A junção de visualização imersiva e colaboração remota visa buscar uma solução efetiva para a colaboração entre os participantes envolvidos na execução de projetos de engenharia de larga escala. Esses projetos, na maioria dos casos, envolvem grupos de profissionais situados em diferentes locais.

Um exemplo desse tipo de projeto de larga escala é o do projeto de um sistema de produção para águas profundas, que envolve uma unidade de produção (navio ou plataforma), o sistema de ancoragem, os risers e os equipamentos do fundo do mar como árvores de

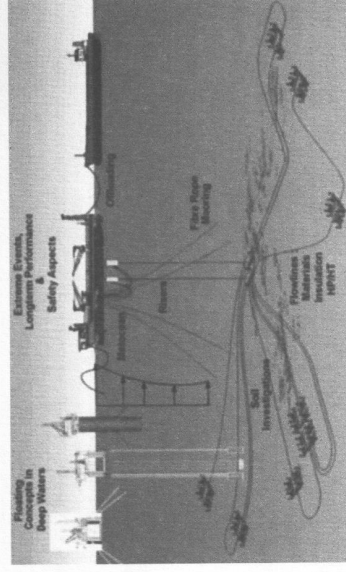


Figura 16: Sistema de produção em águas profundas.

natal (*christmas trees*), concentradores (*manifolds*) e linhas (*flow lines*), **Figura 16**. A visualização imersiva de simulações de engenharia sobre o modelo CAD aumenta a eficiência das atividades de *design review*, estudos de ergonomia, simulações de treinamento, etc.

Modificações de projeto em estruturas já construídas também podem ser simuladas, verificando-se previamente a eficácia e a viabilidade da mudança. Um exemplo clássico na área de petróleo é a simulação de dispersão de gases no caso de um vazamento em uma planta de processo. A identificação dos caminhos percorridos pelos gases tóxicos em dispersão permite a elaboração de rotas de fuga eficientes e seguras a serem seguidas pelos funcionários em caso de acidentes.

Entre as simulações de engenharia usadas durante o projeto de uma unidade de produção estão as relacionadas ao cálculo estrutural (peso do sistema de *risers* e ancoragem), hidrodinâmica (para levar em conta os efeitos das ondas na unidade) e as estatísticas de extremos das forças devido às cargas ambientais (onda, vento e corrente) atuando na unidade flutuante e nos sistemas de *risers* e ancoragem.

Outro exemplo com características semelhantes aparece na área de engenharia de reservatórios, onde dados geológicos e sísmicos precisam ser visualizados no espaço "4D" (espaço 3D + variação no tempo). Pode-se, por exemplo, a partir de dados geo-estatísticos, mostrar a evolução de seções geológicas ao longo do tempo e prever o comportamento destas seções, em uma simulação para o futuro.

5.1 Ambiente Colaborativo para Engenharia, CEE

Um ambiente colaborativo para engenharia, portanto, deve fornecer recursos de visualização imersiva, colaboração remota e *workflows* científicos para permitir o controle da execução de projetos de larga escala, facilitando a integração dos diversos simuladores e provendo aos participantes um meio eficaz para a troca de informação e comunicação.

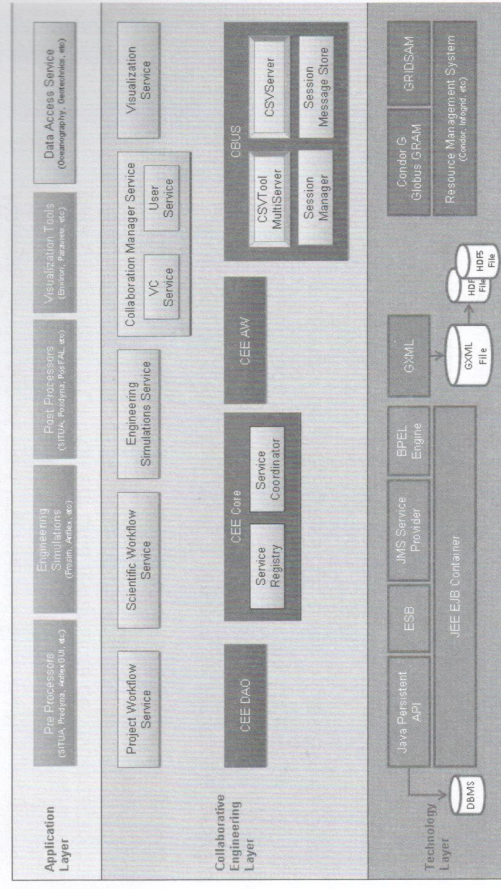
Nesse contexto, foi desenvolvido um ambiente colaborativo para engenharia chamado CEE (*Collaborative Engineering Environment*) (Santos et al., 2011a and 2011b), integrando uma ferramenta de visualização, Environ, o suporte a criação e execução de *workflows* científicos e um sistema de videoconferência desenvolvido internamente para ser usado nas aplicações desenvolvidas (Lima et al., 2007).

Sistemas de gerenciamento de *workflows* são comumente usados para especificação, modelagem e execução de processos de

negócios em empresas. *Workflows* científicos, por sua vez, são usados para especificação, modelagem e controle da execução de experimentos científicos. Esta característica os torna uma ferramenta interessante para ser usada nas atividades de projetos de engenharia de larga escala. Isto porque, a complexidade intrínseca desses projetos leva a necessidade de validação e verificação de várias hipóteses de engenharia. Normalmente este processo quase sempre acarreta na execução de várias simulações em paralelo e combinadas em diferentes ordens, gerando diferentes *workflows*, cuja automatização e controle pode ser realizada com uma ferramenta de *workflow* científico. No nosso caso optamos pelo uso de uma implementação de *workflow* científico baseado na linguagem BPEL disponibilizado como um *plugin* para o eclipse (Eclipse-BPEL). Existem diversos sistemas de *workflows* disponíveis como o *Kepler*, *Triana*, *Vistrails*, *MS Workflow Foundation* e outros.

5.1.1.1 Arquitetura Orientada a Serviços (SOA) do CEE

A **Figura 17** ilustra as camadas da arquitetura orientada a serviços (SOA) do CEE. A camada de aplicação engloba as ferramentas de en-



genharia (pré e pós-processadores) e as de visualização (por exem-

genharia (pré e pós-processadores) e as de visualização (por exemplo, o Enviro, já mencionado anteriormente) que se integram ao

ambiente colaborativo através do *Collaboration Bus*, um barramento de colaboração entre os participantes e entre os simuladores.

A camada de engenharia colaborativa é a mais importante do sistema e se divide em vários serviços e componentes. Por exemplo, o componente CEE Core fornece uma série de serviços como controle de acesso, compartilhamento de espaço, etc. O Barramento de Colaboração (*Collaboration Bus*, CBUS) é uma infra-estrutura de comunicação, que inclui uma ferramenta de videoconferência (Lima et al., 2007) e um middleware orientado a mensagens (MOM) provendo serviços de envio síncrono e assíncrono de mensagens entre os componentes.

O CEE *Awareness Service* (AW) é responsável por distribuir os eventos a todos participantes de uma sessão colaborativa e prover os atuadores para os diversos eventos que acontecem no sistema colaborativo. Exemplos de eventos podem ser, por exemplo, a entrada e saída de participantes, criação de anotações e medições no mundo virtual, etc. Além desses componentes, há uma série de serviços na camada de engenharia colaborativa para prover suporte de colaboração às aplicações que se integram ao CEE através da camada de aplicação. O *VR Visualization Service* e o *Collaboration Manager Service* são os mais importantes. Eles usam os componentes mencionados anteriormente (CEE Core, CEE AWS e CEE CBUS) para transformar o Environ em uma ferramenta de visualização colaborativa permitindo aos usuários visualizar os resultados de suas simulações de engenharia em ambientes imersivos ou de desktop.

A camada de mais baixo nível, a camada de tecnologia, provê o suporte para a segurança do sistema, persistência, suporte a transações, escalabilidade e desempenho do sistema. Ela está baseada no uso de um servidor de aplicações J2EE, como o Glassfish da Oracle, que provê os requisitos mencionados (J2EE).

5.2 Workflow de Análise de Risers

Uma etapa importante da exploração de petróleo em águas profundas é a elevação do óleo a partir de distâncias maiores que 400 metros de lâmina d'água. Para isso os sistemas de produção são compostos de plataformas de petróleo com grande capacidade de

armazenagem de óleo, chamadas FPSO (*floating production storage and offloading*) que usam os chamados "risers", dutos flexíveis de aço que levam o óleo e/ou gás da boca do poço até o nível do mar para o sistema de separação da plataforma. Recentemente, o CENPES vem pesquisando o uso de risers rígidos em catenária (*Steel Catenary Risers*, SCR) em substituição aos risers flexíveis devido ao seu custo por metro ser bem inferior. O problema é que eles não suportam grandes variações de movimento impostos pelas cargas ambientais (ventos, ondas e as correntes) impostas ao sistema.

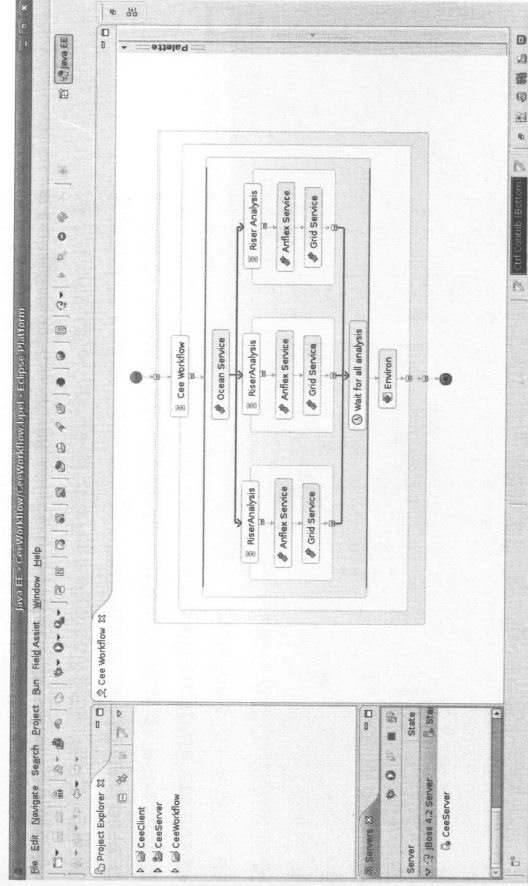


Figura 18: Workflow para análise de risers.

Para garantir a operação dos risers durante todo o seu ciclo de vida (30 anos ou mais), simulações de esforços são aplicadas ao sistema de risers baseadas em condições ambientais (ventos, ondas e correntes marinhas) extremas. As simulações são feitas para diversas condições extremas combinadas em diferentes direções preferenciais, para garantir a integridade do sistema de risers mesmo no caso de combinações das piores situações possíveis (extremas) durante o ciclo de vida do sistema. É importante também realizar análise de fadiga para avaliar o efeito de esforços cíclicos nas regiões mais críticas dos risers.

A análise de risers requer o uso de um conjunto de programas isolados. Uma vez que esse processo de análise é complexo e lida com

uma quantidade muito grande de arquivos de dados, é uma tarefa difícil executar e gerenciar tudo isso manualmente. Além disso, como muitas vezes a saída de um programa serve de entrada para outro, são necessárias inúmeras operações de manipulação e transformação de dados utilizando ferramentas adicionais ou *scripts* automatizados para realizar essas tarefas. Isso não só demanda muito tempo, quanto é propício a erros. Nesse contexto, o uso de *workflow* científico para representar e executar uma sequência de simulações é um recurso importante para agilizar a avaliação de uma nova configuração de *risers*.

A **Figura 18** mostra o *workflow* científico para a análise de *risers* onde são combinados alguns dos serviços do CEE. O *OceanService* é responsável por gerar diferentes combinações de condições ambientais a partir das condições informadas de um caso base. O *AnflexService* se encarrega de formatar os dados de entrada para

a execução de um dos simuladores da Análise de *Risers*, *Anflex* (Mourelle et al, 1995) O *GridService* se encarrega da submissão e monitoramento da execução do simulador *Anflex* na infra-estrutura de Grade suportada pelo CEE. Ao final da execução do *workflow* uma seção de visualização colaborativa para a avaliação e validação dos resultados pode ser iniciada pelo *EnvironService* que se encarrega de usar os recursos do CEE para permitir a colaboração entre os participantes da seção colaborativa.

A **Figura 19** mostra uma sessão de visualização colaborativa com a participação de dois usuários, representados por dois cursores 3D distintos (*avatars*) visualizando os resultados de uma simulação

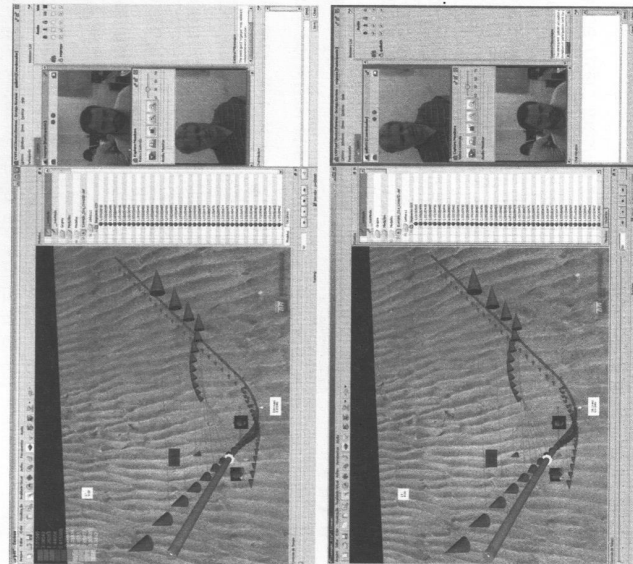


Figura 19: Figura 19. Análise de *risers* (CAD + videoconferência).

usando o sistema de videoconferência acoplado ao CEE. As setas azuis representam a direção das correntes marítimas atuando sobre o *riser* enquanto que as setas vermelhas representam o vetor de velocidade instantânea. Observe que quanto maior for o alinhamento entre estes dois conjuntos de setas, maior será a influência das correntes marítimas no movimento final do *riser*. Para esse caso pode-se observar que não existe este alinhamento o que significa que as outras forças ambientais (vento e ondas) e o próprio movimento do barco têm uma influência maior sobre o movimento final do *riser*.

A **Figura 20** mostra um projeto de engenharia onde dois usuários (observe o avatar do usuário remoto na figura) estão avaliando o movimento de uma boia usada para desacoplar os movimentos da plataforma e do sistema de *risers*, o que ajuda a reduzir os esforços mútuos sobre os dois sistemas. Os usuários, no exemplo da figura, estão monitorando a distância entre a boia e a plataforma através

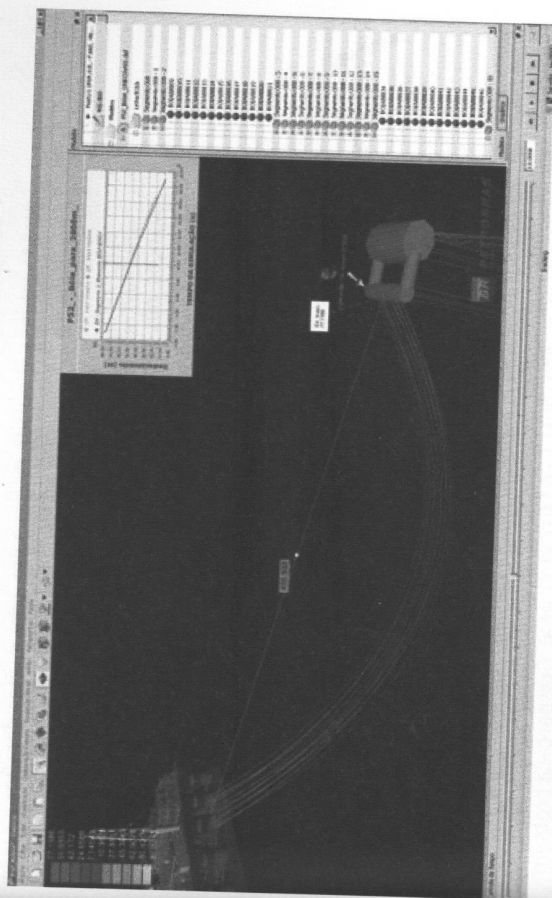


Figura 20: Usuários monitorando uma boia utilizada em um sistema de *risers*.

de uma medição 3D automática (um recurso do *Environ*) e observando o comportamento das forças aplicadas sobre os *risers*. Observe que as forças estão interpoladas ao longo dos *risers* usando a tabela de cores da escala selecionada.

No CEE, Visualização Imersiva e Colaboração Remota são concebidas como ferramentas de "primeira classe", explorando o seu potencial para o melhor entendimento de problemas complexos. A perspectiva para o futuro é que o uso de *workflows* científicos se torne uma solução comum em empreendimentos complexos, nos quais muitas áreas precisam ser integradas e cujos resultados possam ser colaborativamente visualizados. Apesar deste trabalho ser focado apenas em projetos de engenharia *offshore*, acreditamos que a abordagem utilizada no CEE se aplique a muitas outras áreas.

Conclusões

O potencial trazido pelas técnicas e dispositivos de interação 3D, e pelas tecnologias de RV e RA, comum a todas as atividades técnico-científicas que envolvem modelagem, visualização, análise e compreensão de modelos 3D, de forma colaborativa ou não, tem gerado intensa atividade de pesquisa, com muitos desafios a serem superados.

Este capítulo procurou mostrar, de forma breve, os principais avanços nas tecnologias de visualização imersiva e colaboração remota aplicados à indústria de petróleo. Em particular, foram mostrados alguns resultados de projetos do CENPES em parceria com o Tecgraf da PUC-Rio.

Referências

- The American Oil & Gas Reporter, March 1998.
- BOWMAN, D.; KRUIJFF, E.; LAVIOLA, J.; POUPYREV, I. 3D User Interfaces - Theory and Practice. Addison-Wesley, 2005.
- BRODLIE, K.; BRANKIN, L.; BANECKI, G. et al. Graspac - a problem solving Environment integrating computation and visualization. In Proceedings of IEEE Visualization '93, pages 102-109. IEEE Computer Society Press, 1993.
- BURDEA, G.; COIFFET, P. Virtual Reality Technology, John Wiley & Sons, 1994.

CARVALHO, F. G.; RAPOSO, A.; GATTASS, M. Designing a Hybrid User Interface: A Case Study on an Oil and Gas Application. VRCAI 2009 -8th International Conference on Virtual-Reality Continuum and Its Applications in Industry, p. 191-196. Yokohama, Japan, 2009. ACM Press.

DZWIAREK, M. An analysis of Accident Caused by Improper Functioning of Machine Control Systems. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, Vol. 10 No. 2, pp. 129-136, 2004.

DODD, E. J.. Visualization and Collaboration for the On Demand Upstream Petroleum Enterprise. IBM technical reports, Toronto, Canada, May, 2004.

ECLIPSE-BPEL, <http://www.eclipse.org/bpel/>

FEINER, S.; SHAMASH, A. Hybrid user interfaces: Breeding virtually bigger interfaces for physically smaller computers. In ACM UIST 91, pages 9-17. ACM, 1991.

FISKE, T.; HILL, D. 3D Simulation Brings Immersive Dimension to Operator Training, ARC Insights, February, 2010.

FOWLER, M. Continuous Integration, <http://martinfowler.com/arti-cles/continuousIntegration.html>

GALLOTTI, P.; RAPOSO, A. B.; SOARES, L. P. v-Glove: A 3D Virtual Touch Interface. XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality - SVR 2011, CD-ROM. Oberlândia, MG, 2011

GIRONIMO, G.; LANZOTTI, A.; VANACORE, A. Technical Section: Concept design for quality in virtual environment. Computer Graphics, 30 vol 6, 1011-1019, Dec. 2006.

HENDERSON, S., & FEINER, S. "Evaluating the Benefits of Augmented Reality for Task Localization in Maintenance of an Armored Personnel Carrier Turret". International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR '09), October 2009, pp. 135-144, 2009.

J2EE, JAVA 2 Platform Enterprise Edition. <http://java.sun.com/j2ee/overview.html>

LIMA, L. S.; KARLSSON, B.; RAPOSO, A. B.; SANTOS, I. H. F. Uma

Ferramenta de Videoconferência para apoiar Múltiplas Sessões de

Trabalho Colaborativo, XIII Brazilian Symposium on Multimedia and Web, WebMedia, Gramado, RS, 2007.

MASSÓ, J. P. M.. A Structured Approach to the Development of 3D User Interfaces. PhD Thesis, Albacete, Espanha, 2008. Orientador: Pascual G. López.

MINSKY, M.. Telepresence, Omni, (June 1980), pp. 45-52.

MOURELLE, M. M. GONZALEZ, E. C. JACOB, B. P. ANFLEX - Computational System for Flexible and Rigid Riser Analysis", Proceedings of the 9th International Symposium on Offshore Engineering, Brazil, 1995.

MULDER, J. D.; LIERE, R. V.. The personal space station: bringing interaction within reach. In: Proceedings of the Virtual Reality International Conference, VRIC 2002, p. 73-81.

POULIQUEN, M., BERNARD, A., MARSOT, J., CHODORGE, L. 2007. Virtual hands and virtual reality multimodal platform to design safer industrial systems. Computers in Industry, 58, 1 (Jan. 2007), pp. 46-56.

RAPOSO, A. B., CORSEUIL, E. T. L., WAGNER, G. N., SANTOS, I. H. F., GATTASS, M. Towards the use of cad models in VR applications. Proceedings of the 2006 ACM International Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications – VRCIA, p. 67-74. Hong-Kong, China, 2006.

RAPOSO, A., SANTOS, I., SOARES, L., WAGNER, G., CORSEUIL, E., GATTASS, M. Environ: Integrating VR and CAD in Engineering Projects, IEEE Computer Graphics & Applications, v.29, n.6, p.91-95, 2009.

RAUTERBERG M & STEIGER P, Pattern recognition as a key technology for the next generation of user interfaces. 1996. In Proc. of SMC'96, pp. 2805-2810.

ROBERTSON, B. F.; RADCLIFFE, D. F. Impact of CAD tools on creative problem solving in engineering design. Computer Aided Design, v.41, n. 3, p. 136-146, Mar/2009.

RUSSO, E. E. R., RAPOSO, A. B., FERNANDO, T., GATTASS, M. A Realidade Virtual na Indústria de Exploração e Produção de Petróleo. In:

C. Kirner and R. Tori (eds.), Realidade Virtual: Conceitos e Tendências – Livro do Pré-Simpósio SVR 2004, Cap. 21, p.283-288. Editora Mania de Livro, São Paulo, 2004.

SANTOS, I. H. F., RAPOSO, A., RODRIGUES, P. G., SOUZA, R. P., AMARAL, W. G. A Collaborative Environment for Offshore Engineering Simulations. Collaboration and Technology - 17th International Conference, CRIWG 2011. Paraty, RJ, 2011. Lecture Notes in Computer Science, v. 6969. p. 191-206.

SANTOS, I. H. F., SOARES, L. P., CARVALHO, F. G., RAPOSO, A. B., A collaborative VR visualization environment for offshore engineering projects. VRCAL 2011 - 10th International Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications in Industry . Hong Kong, China, 2011

SHERMAN, W. R.; CRAIG, A. B. Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design, Morgan Kaufmann, 2003.

TRINDADE, D. R., RAPOSO, A. B. Improving 3D navigation in multiscale Environments using cubemap-based techniques. SAC 2011 – Proceedings of the 2011 ACM Symposium on Applied Computing, p. 1215-1221. Taichung, Taiwan,.

VIRTRA SYSTEMS, acessado em 2011, www.virtra.com

VIRTUALLY THERE, BP, acessado em 2011, www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=9013430&contentId=7026278