



**XXIV SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GOP/32

22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR

**GRUPO - IX**

**GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS- GOP**

**RVCEMIG: USO DE REALIDADE VIRTUAL NA OPERAÇÃO E CONTROLE DE SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA.**

**Alexandre Cardoso(\*)  
UFU**

**Alexandre Carvalho Silva  
UFU**

**Daniel Ramos  
CEMIG - GT**

**Edgard Afonso Lamounier  
UFU**

**Gerson Flávio Mendes de Lima  
CGWorks**

**Paulo Roberto Moreira do Prado  
CEMIG/CGWorks**

**RESUMO**

Este trabalho apresenta uma proposta inédita para operação e controle das subestações de energia por meio de interface de Realidade Virtual, denominado SRV. O desenvolvimento desta solução resulta em um ambiente virtual tridimensional realístico que representa fielmente as subestações de Energia Elétrica CEMIG. Por meio de uma arquitetura interna da solução, dados referentes aos estados e medições dos equipamentos que compõem a subestação, são recebidos e processados em tempo real. Dispondo dessas informações o ambiente virtual é atualizado, representando fielmente o estado dos dispositivos, tornando possível exercer ações de monitoramento e controle dos ativos.

**PALAVRAS-CHAVE**

Realidade-Virtual, Subestações, Centro de Operação do Sistema

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A expressão Realidade Virtual (RV) possui diversas definições, devido à natureza interdisciplinar da área e da sua evolução. Cardoso e Lamounier (2006), definem a RV como uma tecnologia que combina computadores de alto desempenho, programas e periféricos especializados que permitem a manipulação de objetos gráficos em um ambiente gráfico de aparência realística, e ainda apontam a possibilidade de criação de uma interface homem-máquina poderosa que oferece interação, navegação e imersão em um ambiente virtual podendo fazer uso de canais multissensoriais. Uma das principais vantagens desta tecnologia é o envolvimento amplo de sentidos do ser humano na interação homem-máquina, com impactos de melhoria da visualização de componentes e de assimilação de conteúdo (aprendizado e treinamento).

Diante disto, o projeto RVCEMIG introduz o conceito de Realidade Virtual na operação de equipamentos do sistema elétricos, com elucidação das potencialidades e os efeitos desta tecnologia na operação. Assim, este sistema é aderente a:

- a) Treinar os operadores que atuam em campo de subestações, envolvendo os comandos de simulação e elementos de operações de subestações;
- b) Treinar operadores do Centro de Operação do Sistema (COS) da CEMIG referente aos comandos e operações dos componentes da subestações;
- c) Ferramenta de apoio à ações de pré-operação, em fase de planejamento de sistema;

(\*) Av. João Naves de Ávila, n° 2121 – sala 1N02 - Bloco 1N – CEP 38.408-144 Uberlândia, MG, – Brasil  
Tel: (+55 34) 3218-2000 – Fax: (+55 34) 3218-2000 – Email: alexandre@ufu.br

d) Monitorar dados referentes aos equipamentos elétricos que compõe a subestação, além de apresentar dados globais que envolvem o processo.

e) Possibilitar ao operador alterar os *status* dos equipamentos por meio do ambiente virtual 3D e estas alterações serem correspondidas a ambiente real (subestação real).

Este sistema foi projeto de P&D intitulado “Desenvolvimento de ambientes virtuais, para centro de operação de sistemas representativos das subestações e usinas da Cemig, associados a tecnologias de projeção 3D”, com as entidades executoras: Universidade Federal de Uberlândia (responsável), CGW – Computer Graphis Works e Coffey através do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento do Setor de Energia Elétrica coordenado pela ANEEL.

## 2.0 - FUNDAMENTOS

### 2.1 Realidade Virtual no Treinamento

Considerando que Realidade Virtual permite que engenheiros e operadores possam ver e interagir com plantas de processos, de forma segura, sem exposição a riscos presentes nos ambientes reais, destacam-se as vantagens do uso de RV para treinamento (Cardoso, 2002):

- É possível visualizar, navegar e interagir com estruturas virtuais à semelhança das reais, sem custos de viagens e exposição a riscos presentes nos ambientes reais;
- É possível simular operações e situações de risco, sem danos reais à equipamentos, instalações e pessoas;
- Ações permeadas em ambientes virtuais permitem introjetar comportamentos adequados a situações rotineiras;
- RV requer maior quantidade de tentativas para treinamento, que aquelas efetuadas em ambientes reais, gerando, em consequência, um treinamento mais robusto.
- Permite ao aprendiz refazer experimentos de forma atemporal, fora do âmbito de uma aula clássica;
- Provê igual oportunidade de comunicação para estudantes de culturas diferentes, a partir de representações.

### 2.2 Realidade Virtual Aplicado A Visualização Dos Dados

A RV pode ser utilizada para a visualização de eventos, propriedades e comportamentos presentes em um cenário real. Ao mesmo tempo, uma representação real pode integrar a tecnologia da Realidade Virtual para demonstrar comportamentos específicos. Geralmente, um sistema de RV procura reproduzir características presentes no mundo real. Essas mesmas características devem ser obtidas através de simulações, definindo-se ações sobre objetos específicos ou sobre todo a ambiente. A Física, o movimento e a colisão objetos exemplificam a simulação de comportamentos apresentadas em um ambiente virtual (Kirner & Siscoutto, 2007).

Estudos mostram que o uso da RV para o monitoramento de dados e comportamentos presentes em um ambiente real é possível e muito útil. Nesse caso, ela é utilizada como um módulo da visualização, possibilitando análises reais. Este módulo pode ser complexo e apresentar funções voltadas para uma visualização realística e interativa. Para que isso aconteça, os objetos 3D devem ser modelados e, posteriormente, ser integrado a uma arquitetura interna que suporte a atualização do ambiente virtual por meio de dados reais. Ainda, é necessária uma interface especial que possibilita experimentações interativas, além da possibilidade de alteração de parâmetros que definem aspectos do ambiente (Bellinger, 2004).

Portanto, as técnicas de interação são métodos utilizados para que os usuários possam completar alguma tarefa por meio de uma interface, sendo que suas vantagens e desvantagens dependem diretamente dos requisitos particulares de um sistema. Dessa forma, padrões não são adotados e hardware e software devem ser levados em consideração. Além disso, para que interações homem-máquina sejam naturais e intuitivas, metáforas devem ser utilizadas. Metáforas podem ser entendidas como modelos mentais que permitem ao usuário a aplicação de conhecimentos cotidianos em um ambiente virtual (Schlattmann & Klein, 2007).

### 2.3 Interface Tradicional de Operação de Subestações

Para todos os operadores de centros de operação o ambiente natural de operação é a interface 2D, os diagramas unifilares. A maioria deles, principalmente os mais novos, sequer conhecem as estações que operam. São técnicos que vêm diretamente dos cursos técnicos para serem formados dentro das salas de controle. Levados às estações se depararão com um ambiente estranho, não familiar e poderão ter dificuldades em encontrar naquele ambiente real a correlação com a sua tão conhecida interface 2D.

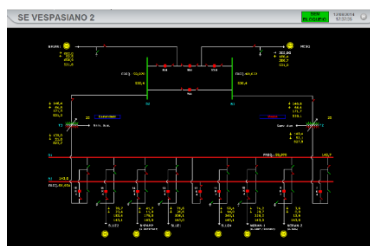


FIGURA 1 – Unifilar de Vespasiano 2

Na operação sistêmica, no trato do todo, a visão "real" de uma estação pode não agregar vantagens. Já no trato de eventos em uma estação ou até em duas estações interconectadas a visão "real" das mesmas pode facilitar a operação e reduzir chances de erros humanos, uma vez que, com uma interface mais natural e próxima do ambiente real, há redução das de ambiguidades

Neste contexto, os atuais operadores de centro terão que ser exaustivamente treinados para uso do sistema de Realidade Virtual. Uma vantagem, inconteste, é que este treinamento será potencializado, haja vista que não haverá a necessidade de deslocamentos para o campo, economizando tempo e acelerando resultados.

Entretanto, é preciso estar atento ao fato de que projetos de RV possibilitam virtualização de ambientes reais e representam quebras de paradigmas rotineiros da operação e do controle, gerando uma barreira na introdução de interfaces de Realidade Virtual em Centros de Operação e precisa ser profundamente estudada e planejada.

É certo que, para equipes que já atuam no atendimento local às estações, o uso das interfaces 3D será natural, pois o modelo mental destes operadores já estará completamente conectado à interface proposta.

#### 2.4 Erro Humano

No desenvolvimento de interfaces é preciso considerar aspectos relacionados à confiabilidade humana.

Basicamente, o entendimento do comportamento humano está baseado em três parâmetros: em primeiro lugar, uma entrada para o estímulo S, que é uma mudança física gerada para o ambiente, sendo percebido pelo indivíduo como uma mudança de estado. Em segundo lugar, uma resposta interna o que é a percepção e integração do dito estímulo por parte da pessoa. Por fim, uma resposta externa R, que é a reação física do indivíduo. O comportamento é uma combinação destes três elementos S-O-R, onde um comportamento complexo consiste numa série de mudanças de S-O-R.

Se acontecer que um dos três componentes do comportamento humano que intervém na mudança se altera, provoca o denominado erro humano (Guber, N.D., 1998). Alguns exemplos destas alterações poderiam ser:

- a. Uma mudança física no ambiente, não é percebido como estímulo S.
- b. Muitos estímulos S não podem ser discriminados pela pessoa.
- c. Os estímulos S são percebidos, mas o significado não é entendido.
- d. O estímulo S é corretamente entendido, mas a resposta correta R é desconhecida.
- e. A resposta correta R, para um estímulo S, é conhecida, mas supera as habilidades da pessoa.
- f. A resposta correta R, está dentro das capacidades humanas, mas a dita resposta é feita de forma incorreta ou fora de sequência.

A característica dos ambientes de Realidade Virtual de reproduzirem ambientes mais naturais ou o ambiente real colaborará para que possamos minimizar algumas possibilidades de erros na operação do sistema.

### 3.0 - DESENVOLVIMENTO DO RVCEMIG

#### 3.1 Aspectos da Definição de Requisitos de Construção de Modelos e de Interação

O sistema proposto consiste de ambientes virtuais realísticos que representam subestações de Energia Elétrica da CEMIG, dotados de interfaces para monitoramento e controle. Por meio de uma arquitetura interna elaborada para a engine Unity®, dados referentes aos estados dos equipamentos (ligado, desligado, aberto, fechado, medições elétricas) que compõem as subestações da concessionária de Energia Elétrica, são recebidos e processados em tempo real, via Webservice.

Dispondo dessas informações o ambiente virtual é atualizado representando, fielmente, o estado dos dispositivos. Com essa arquitetura, é possível fornecer ainda uma abordagem para controlar e operar dispositivos da subestação de energia, por meio do uso das técnicas Realidade Virtual, propiciando maior imersão e interações mais intuitivas. Outro aspecto pertinente é que os operadores podem navegar das mais diversificadas formas e customizar ângulos de navegação, explorando e visualizando as condições dos componentes elétricos para controlar a subestação com maior segurança. Devido à reconstrução virtual ser fiel ao ambiente real, há a possibilidade de utilizar o sistema para fins de treinamento. Assim, os operadores podem explorar e conhecer detalhes físicos dos objetos, além de simular diferentes possibilidades de operação do circuito sem comprometer a sua segurança e o desempenho do sistema. Como em toda aplicação em Realidade Virtual, objetos tridimensionais são essenciais. Para a modelagem dos objetos tridimensionais que compõem uma subestação (Transformadores, Chaves Seccionadoras, Para-Raios), foi utilizado o Software Autodesk 3D Studio Max 2014®.

Almeida (2007) relata que o software 3D Studio Max® é um aplicativo de modelagem tridimensional que aceita converter uma sequência de símbolos gráficos num arquivo visual e produzir animações. É uma das principais ferramentas para a criação de objetos e cenários virtuais utilizados neste trabalho.

Para a construção dos modelos, foi elaborada uma convenção de modelagem para que todos os objetos tridimensionais fossem desenvolvidos com os mesmos padrões. Por exemplo, alto grau de realismo, baixa quantidade de polígonos e dimensões em escala real. Para tanto, foram utilizados catálogos dos equipamentos, plantas e imagens (fotos).

### 3.2 Operação em Tempo Real

Uma das características mais inovadoras do projeto é a possibilidade da operação em tempo real do sistema de geração e transmissão. Para alcançar tais objetivos, desenvolveram-se algoritmos, técnicas e métodos que permitissem a geração dos ambientes virtuais, a concepção das interfaces de comando, a supervisão e a conexão do ambiente virtual com o sistema SCADA. Sem precedentes, os ambientes virtuais assemelhados às subestações se originaram de captura de imagens no campo, consulta a documentações de projeto e de componentes e à efetiva pesquisa do GRVA para concatenar toda esta extensa documentação.

O projeto RVCEMIG integra o ambiente de Realidade Virtual com variáveis de estado, disponibilizadas pelo SCADA/EMS permitindo comunicação “two-way” entre os sistemas, ou seja, o ambiente virtual é capaz tanto de receber informações quanto de enviá-las ao SCADA. É capaz tanto de permitir a supervisão de uma estação quanto de comandá-la.

Por meio de um sistema de controle e coleta de dados, os estados dos equipamentos reais que compõem a subestação elétrica são coletados, processados e disponibilizados via Webservice. Posteriormente, o ambiente virtual faz o consumo destas informações e realiza a atualização do sistema, correspondendo de forma fiel a subestação real. Por se tratar de uma arquitetura bidirecional torna-se possível alterar o estado dos equipamentos por meio do ambiente virtual, modificando assim o estado dos componentes reais

### 3.3 O desafio da inserção dos dados de campo no ambiente de Realidade Virtual

Em ambientes de Realidade Virtual, onde o único objetivo é permitir o reconhecimento e talvez alguma navegação em um determinado sistema, já existem metáforas que permitem colocar o usuário imerso no ambiente. Entretanto, para o problema proposto, fez-se necessária a busca por estratégias de inserção de dados de campo no SRV.

Assim, elaborar estratégias que maximizem o fator de imersão em um sistema de RV pode promover melhorias no processo de envolvimento do usuário com seu objeto de manipulação. Em especial, quando estas estratégias estão relacionadas às interfaces de controle bidimensionais do sistema – Widgets 2D (Landberg, 2000). Widgets 2D são suportadas pelo uso de um estilo de interação específica, WIMP (Windows, Icons, Menus e Pointers).

Este estilo de interação é, frequentemente, utilizado em sistemas de Realidade Virtual. No entanto, sua adaptação não é uma tarefa trivial, podendo não ser eficaz em todas as situações, devido aos aspectos relacionados a usabilidade, dispositivos de entrada e saída e imersão (Bowman et al., 2011).

A exemplo, é possível imaginar a sensação de caminhar em uma dada subestação e, em tempo real, visualizar os parâmetros elétricos e físicos dos diversos componentes inseridos no campo visual. Tais prerrogativas foram solvidas na proposta do RVCEMIG. Para solução deste desafio, foi definido uma estratégia de interação e representação de interfaces de controle em Sistemas de Realidade Virtual que permitem monitorar e controlar os ativos que compõem a subestação. Foram estudados aspectos relacionados a usabilidade, layout e design com intuito de favorecer a sensação de imersão do usuário, e valorizar a visualização dos dados

A Figura 2 ilustra toda proposta, a partir da seleção de um transformador. Dados advindos do SCADA são sobrepostos ao ambiente virtual.

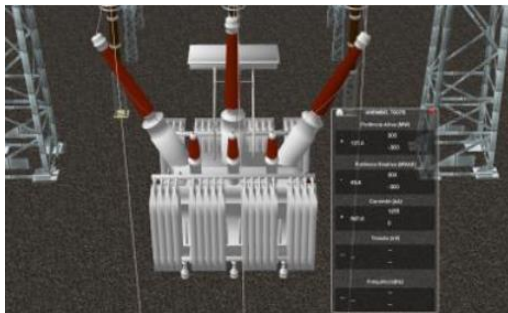


FIGURA 2 – Visualização de dados, advindos do SCADA, relacionados com um dado transformador.

A estratégia elaborada contém uma barra para seleção de opções de controle (menu) situado em sentido vertical. O tamanho ocupado pelo menu, em sentido vertical do sistema de projeção é 100%, em relação ao sentido horizontal, em momentos de inatividade, são ocupados apenas 1,5% (espaço suficiente para referenciar sua existência) da área e não apresenta nenhum item referente às opções de seleção contidas nela.

Entretanto, em momentos de atividade seu espaço é alterado para 15% e os itens contidos são apresentados, justificando a premissa de apresentação de dados, de acordo com o contexto da ação. O tempo para os efeitos de transição e animação é de 0.5 segundo, para todos os itens que compõem a interface.

Para elaboração das dimensões das Widgets foi utilizado os conceitos da Lei de Fitt (Fitt, 1954). A Lei de Fitt auxilia a determinar o tamanho dos elementos alvo, tais como botões, menu, imagens e campos de texto que constituem para o desenvolvimento da interface do sistema, tendo como base a distância que o dispositivo apontador do usuário (mouse) deve percorrer.

Este modelo prova que, quanto maior a distância que o usuário tiver de percorrer entre dois elementos, menor será a precisão com que o usuário alcançará o alvo. A Lei de Fitt é correlativa, ou seja, quanto maior a distância que o usuário deve percorrer, maiores deverão ser os objetos alvo (Yvonne, Sharp & Preece, 2011).

As Figuras 3A e 3B apresentam o conceito.

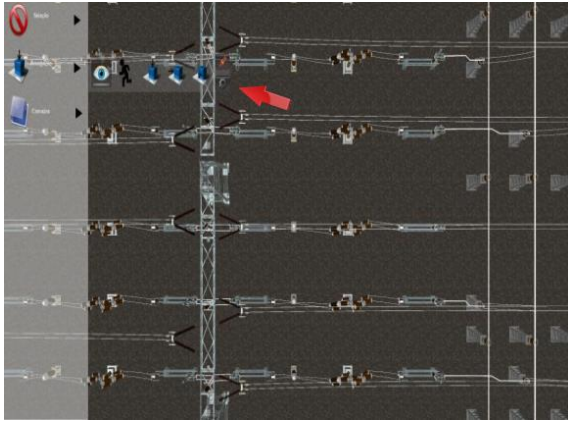


FIGURA 3A – Menu em momento de utilização



FIGURA 3B – Menu em momento de Inatividade

É importante destacar que o sistema desenvolvido conta com a existência de interfaces alternativas de controle como complemento da estratégia. Estas, por sua vez, possuem a função de realizar as mesmas ações dos painéis contido na barra lateral (menu). Porém, de maneira mais rápida, e em casos frequentes de uso de um comando, reduzindo o tempo de deslocamento do dispositivo de apontamento (mouse) ao menu. Cada item que compõe a barra lateral possui uma janela alternativa, sendo opção do usuário ativar e desativar quando julgar necessário, além da possibilidade de move-la para qualquer posição.

A Figura 4 apresenta uma janela alternativa em processo de execução de comandos, comparando com Figura 3A. Percebe-se que a mesma contém os mesmos recursos e padrões de design do menu tradicional. Note, que neste caso, a estratégia proposta apoia o usuário com a liberdade de manipular os comandos de controle em posições que não interfiram em seu nível de imersão.



FIGURA 4 – Interface Alternativa Ativa

Por fim, outro recurso implementado é a existência de uma camada de sobreposição aos componentes virtuais nomeada de “envoltória”. Seu valor de agregação ao ambiente virtual é a aplicação de um contorno sobre os equipamentos virtuais. Caso o estado do equipamento seja fechado o contorno será de cor vermelha, caso contrário a cor representativa será o verde. Assim, com a ativação desta camada, o usuário obterá uma interpretação mais rápida sobre o estado dos equipamentos.

O uso destas cores, está relacionado ao conceito de modelo mental utilizado pelo operador da subestação no diagrama unifilar, pois o mesmo utiliza estas atribuições para representar estes estados (aberto e fechado). Já em momentos em que desejar apenas uma navegação sobre a subestação virtual poderá desligar a camada, evitando sobrecarga visual no ambiente virtual. A Figura 5 apresenta esta camada de conteúdo em estado ativo.

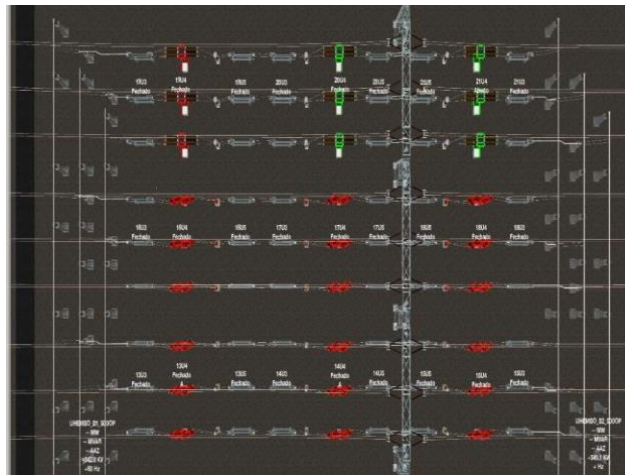


FIGURA 5 – Camada “envoltória” Ativa

É importante destacar que as soluções de exibição de dados e formas de interação não são triviais, pressupondo domínio de elementos como: ângulos de visão, mudança de perspectiva de visão (primeira pessoa, terceira pessoa, visão de topo, mini mapa).

### 3.4 Aspectos de Interação e Controle

Diferentemente de outros ambientes virtuais, onde os principais desafios se concentram na navegação pura, no trato de colisões, sombras, iluminação, no realismo das cenas e na sensação de imersão, no RVCEMIG há um novo desafio. Como ele é concebido para permitir o comando dos elementos de uma estação, a interação entre o operador e o sistema tornou-se uma disciplina de altíssima complexidade. Soluções criativas já foram implantadas para permitir esta interação. A Figura 6 apresenta algumas propostas elaboradas para prover condições de interação e controle. No entanto, a complexidade das soluções é tal que o tipo de interface em uso afeta aquelas já implementadas. Dentre os elementos da complexidade, há ainda que se destacar aspectos relativos às dimensões do sistema de projeção, principalmente, em sistemas com mais de uma centena de polegadas.

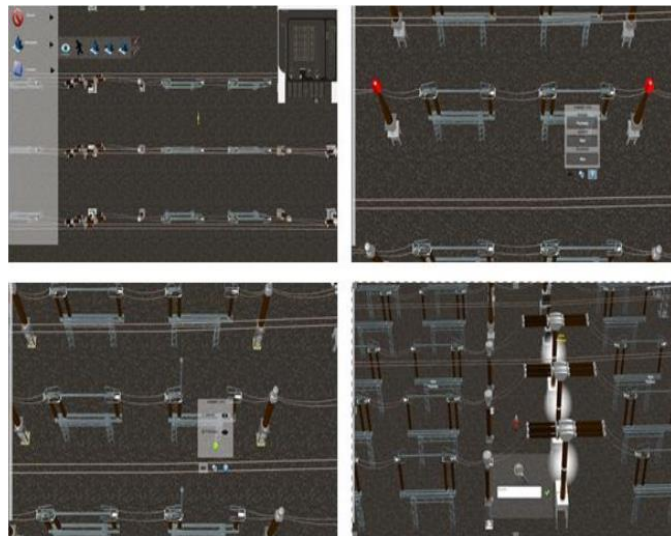


FIGURA 6 – Telas para realização da atividades de monitoramento e controle.

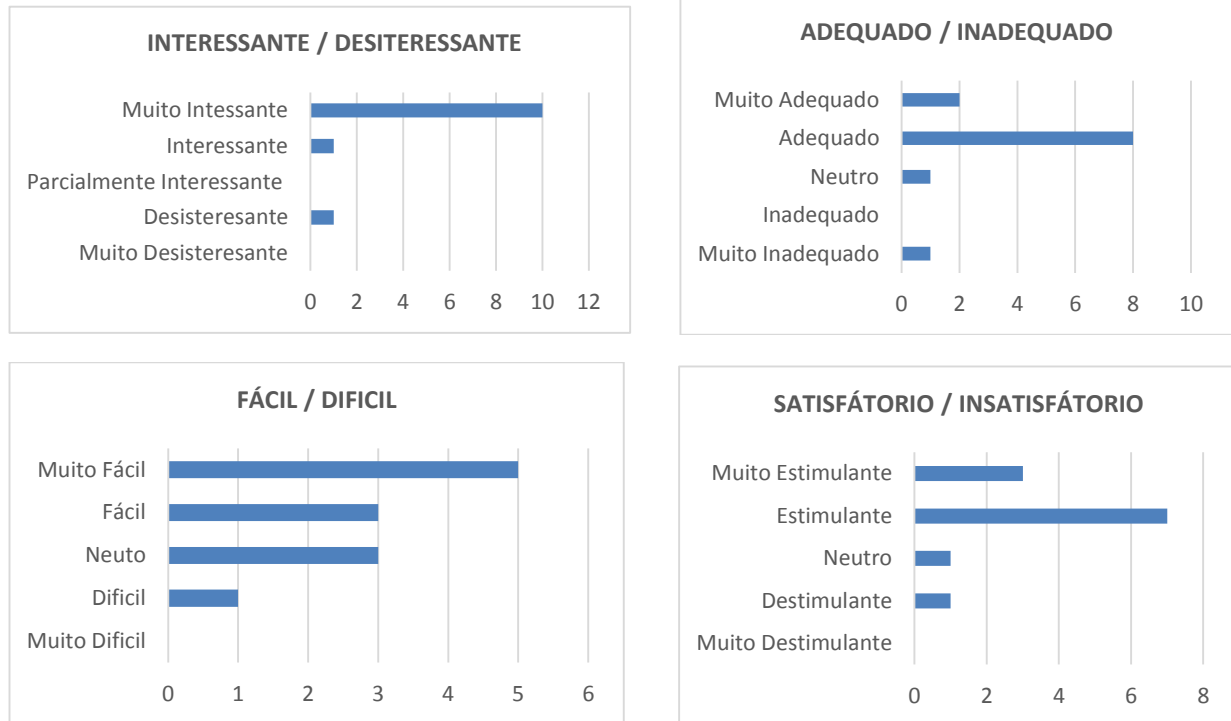
### 4.0 - TESTES E RESULTADOS

Durante todo período de desenvolvimento do projeto houve envolvimento por parte dos potenciais usuários (operadores e despachantes da CEMIG) para elaboração dos mecanismos de interação e testes da ferramenta proposta.

Para análise da estratégia, foram aplicados diversos métodos como: reuniões, entrevistas, apresentação do SRV aos usuários, momentos de observação durante a utilização da estratégia, aplicação de questionários de avaliação. O desenvolvimento do questionário de avaliação baseou-se na metodologia QUIS (Questionnaire for User Interaction Satisfaction), O QUIS foi projetado para avaliar a satisfação subjetiva dos usuários com aspectos específicos da interface homem-computador (QUIS, 2014). Lowdermilk (2013) relata que os usuários podem dizer muito bem sobre

o que está funcionando e o que não está. No entanto uma maneira eficiente de perceber as necessidades dos usuários é observando-os diretamente. O questionário de avaliação foi aplicado a 12 pessoas da equipe CEMIG, todos eles envolvidos diretamente nas tarefas relacionadas ao centro de operação do sistema (COS).

Assim, pode-se observar os seguintes resultados relacionados a Reação a Utilização do Sistema. Este critério que analisa a satisfação do usuário em relação à proposta do sistema: utilização para monitoramento e controle de subestações.



Portanto, pode-se notar e concluir pelos resultados e comentários obtidos durante a aplicação os seguintes aspectos:

- Alto grau de interesse pelo sistema;
- O sistema propicia boa visualização do estado dos componentes da subestação;
- Possibilidade de aplicação do sistema em diversas outras áreas do sistema elétrico (planejamento, manutenção, distribuição)
- É importante salientar que alguns usuários se consideram com baixa experiência em utilização de ambientes virtuais tridimensionais.

## 5.0 - CONCLUSÕES

O projeto RVCEMIG busca uma inovação no mundo das interfaces homem máquina no setor elétrico. O sistema desenvolvido até o momento tem se mostrado altamente similar às localidades modeladas, permitindo a utilização como sistema de consulta em tempo real das subestações facilitando conhecer o local, sem a necessidade de estar fisicamente no local.

Diversos são os ganhos que já foram alcançados com essa nova ferramenta entre elas podemos citar:

- Sistema de consultas e de apresentação das Subestações para diferentes tipos de usuários (técnicos e não técnicos).
- Sistema de consultas alternativo à plantas CAD 2D.
- Apresentação das Subestações Refletindo a real situação de todos os elementos elétricos existentes na planta.
- Catálogo eletrônico de equipamentos utilizados nas plantas das Subestações.
- Simulação de situações para planejamento de atividades de manutenção e operacionais.

### 5.1 Treinamento de equipes locais de operação

No mundo, as estações não são mais assistidas. Isso não significa que não sejam mais atendidas localmente. Na verdade elas são atendidas, normalmente, nos piores momentos. São atendidas diante de falhas que demandam inspeções e ações locais de reparo.

Aqueles operadores que conheciam as estações em detalhes foram substituídos por profissionais que executam outras atividades, normalmente manutenção, e que de vez em quando atuarão como operadores. Diferentemente

dos primeiros, agora são profissionais que poderão ser escalados para atenderem diversas estações. Manter o profissional com esse perfil habilitado e certificado para operar as estações não será tarefa fácil. Acredita-se que a interface de RV será de grande valia. Permitirá o acesso imediato a qualquer estação, sem os custos de deslocamento e sem os riscos inerentes à presença física nas estações. Permitirá a manutenção da familiaridade com as estruturas de campo e com os protocolos de operação através de planos de treinamentos mais fáceis de serem implementados e de fácil acesso.

#### 5.2 Treinamento de operadores dos centros na operação de estações

Com o uso desta ferramenta permitir-se-á um imenso avanço no treinamento dos operadores nos Centros de Operação, com os detalhes de cada estação, proporcionando ainda baixos custos e possibilidades de frequentes reciclagens, eliminando assim o necessário e inconveniente deslocamento de centenas de quilômetros, com o conseqüente tempo dispendido para tal. Além disso, esta estratégia possibilitará a realização de treinamento e análise de mais de uma instalação, simultaneamente.

#### 5.3. Treinamento conjunto de operadores de centro e equipes locais

A integração do sistema de Realidade Virtual com o sistema SCADA/EMS potencializa o treinamento conjunto das equipes de campo e do centro.

O uso do simulador de treinamento em conjunto com o sistema de Realidade Virtual permitirá a realização de treinamentos onde tanto as ações locais podem ser replicadas no ambiente virtual para as equipes locais quanto as ações do centro que poderão ser feitas no ambiente da IHM convencional ou no ambiente de Realidade Virtual.

O treinamento conjunto poderá maximizar os resultados e a performance dos treinando, a partir de um maior entrosamento e padronização de ações e requisitos entre as equipes.

Permitirá, ainda, levar o uso do simulador de treinamento, antes restrito ao uso das equipes do centro de operação, para o uso das equipes de campo.

#### 5.4. Uso pelas equipes de planejamento – pré-operação

As equipes de pré-operação poderão se apoderar imediatamente deste novo mundo. Escrever instruções de operação de estações e interagir com as equipes de campo será muito mais fácil de posse da visão real e em tempo real das estações.

Equipes de programação de intervenções terão a vida facilitada em dois momentos: no trato do detalhamento das necessidades das equipes de manutenção visualizando com estas as partes a serem trabalhadas e as necessidades de arranjos que permitam as liberações com segurança e depois no trato com as equipes locais, no detalhamento de procedimentos locais, manobras, etc.

#### 5.5. Operação em tempo real

Já as equipes de tempo real terão a atuação facilitada nos contatos com as equipes locais, principalmente, quando de inspeções após falhas em equipamentos, pois estarão tendo a mesma "visão" do elemento em análise, do entorno e suas implicações.

Na execução da operação, o Centro de Operação pode se valer de uma interface mais intuitiva e menos sujeita a indução dos diversos tipos de erros já abordados.

A execução de manobras de liberação de equipamentos permitirá a visão direta da situação de liberação solicitada pelas equipes de manutenção. A conferência das condições solicitadas, dos isolamentos necessários, será direta, por uma interface que aproximará as ações do centro das ações reais de campo. As condições de segurança para as liberações estarão visíveis no centro de operação.

A operação direta nesta interface já é tecnicamente possível e já está disponível no projeto, mas seu uso ainda precisa passar por outras validações e testes.

### 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1)Cardoso, A.; Lamounier, E. A Realidade Virtual Na Educação E Treinamento. In: Tori, Romero; Kirner, Claudio; Siscouto, Robson. Fundamentos E Tecnologia De Realidade Virtual E Aumentada. Belém: Sbc, 2006. P. 304-312.
- (2)Cardoso, A. Uma Arquitetura Para Elaboração De Experimentos Virtuais Interativos Suportados Por Realidade Virtual Não Imersiva, Tese De Doutorado, Universidade De São Paulo, Usp, 2002
- (3)Kirner, C.; Siscouto, R. Realidade Virtual E Aumentada: Conceitos, Projeto E Aplicações. Rio De Janeiro: Ix Symposium On Virtual And Augmented Reality, 2007. 292 P.
- (4)Bellinger, G. Modeling & Simulation: An Introduction. Disponível Em: <Http://Www.Systems-Thinking.Org/Modsim/Modsim.Html>. Acesso Em 15/01/2015.
- (5)Schlattmann, M. And Klein, R. Simultaneous 4 Gestures 6 Dof Real-Time Two-Hand Tracking Without Any Markers. In: Acm Symposium On Virtual Reality Software And Technology (Vrst '07). Newport Beach, California, Pp. 39-42.



- (6) Guber N. D, Responsabilidade No Projeto Do Produto: Uma Contribuição Para A Melhoria Da Segurança Do Produto Industrial, Tese De Mestrado, Capítulo 2.4 Erro Humano, Ufsc, 1998
- (7) Almeida, M. Desvendando O 3ds Max. São Paulo: Digerati Bools, 2007.
- (8) Landberg, V. Developing User Interfaces In Virtual Re-ality; Department Of Computing Science; Umeå University, Master's Thesis, 2000.
- (9) Bowman, D.; Kruijff, E.; Laviola, J.; Poupyrev, I. 3d User Interfaces – Theory And Practice, Addison Wesley, 2011.
- (10) Fitts, P. M.; The Information Capacity Of The Human Motor System In Controlling The Amplitude Of Movement. Journal Of Experimental Psychology, Volumen 47, Nº 6, Junio De 1954, Pp. 381–391. (Reimpreso En Journal Of Experimental Psychology: General, 121(3):262-269, 1992).
- (11) Yvonne,R; Sharp, H; Preece, J. Design De Interação: Além Da Interação Homem-Computador. 3 Ed. Bookman, 2011.
- (12) Quis. Questionnaire For User Interaction Satisfaction, 2014. Disponível Em: <[Http://www.lap.umd.edu/quis](http://www.lap.umd.edu/quis)>. Acesso Em: 07 De Janeiro De 2014.
- (13) Lowdermilk, T. Design Centrado No Usuário, O'reilly Novatec; 2013.

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Alexandre Cardoso (alexandre@ufu.br) possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (1987), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (1991) e doutorado em Engenharia Elétrica (Engenharia de Sistemas Digitais) pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2002). É professor associado da Universidade Federal de Uberlândia, tendo sido Coordenador do Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica (mestrado e doutorado) no período de 2008 a 2013. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica e Engenharia da Computação, com ênfase em Engenharia de Software e Computação Gráfica, atuando principalmente nos seguintes temas: Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Educação, Ambientes Virtuais, Interfaces Humano Computador e Visualização da Informação. Atuou como Coordenador da Comissão Especial de Realidade Virtual - CERV, da Sociedade Brasileira de Computação - SBC e é membro da mesma desde sua criação.

Alexandre Carvalho Silva (acs.carvalho10@gmail.com) , Possui graduação em Sistemas de Informação pelo Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara - ILES/ULBRA (2009), especialização em Desenvolvimento de Sistemas Web e Dispositivos Móveis pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2012) e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (2014), com ênfase em Computação Gráfica/Realidade Virtual. Atualmente é aluno de doutorado pela Universidade Federal de Uberlândia e integrante do grupo e pesquisa em Realidade Virtual (GRV - UFU).

Paulo Roberto Moreira do Prado (prmprado@uol.com.br) possui graduação em Engenharia Elétrica (1986) pela Universidade Federal de Uberlândia e graduação em Administração de Empresas (1991) pela Faculdade de Ciências Econômicas do Triângulo Mineiro. Possui especialização em Automação de Sistemas Elétricos de Potência (1995) pela UFMG e pós-graduação em Gestão Empresarial (1999) pela FGV. Possui mestrado em Engenharia Elétrica pela UFU. Tem experiência na coordenação de Centros de Operação de Distribuição e Centros de Operação de Geração e Transmissão.

Edgard Lamounier Jr. (lamounier@ufu.br) possui Licenciatura Plena em Matemática (1986) e mestrado em Engenharia Elétrica (1989) pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Em 1996, obteve o título de PhD pela Escola de Computação da Universidade de Leeds, Inglaterra. Atualmente, é professor Titular da Faculdade de Engenharia Elétrica da UFU e Coordenador de seu Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica. Tem experiência na área de Engenharia e Ciência da Computação, com ênfase em Arquitetura de Sistemas de Computação. Atua, principalmente, nos temas: aplicações de Realidade Virtual e Aumentada em Educação à Distância e em Engenharia. É membro efetivo da Sociedade Brasileira de Computação (SBC) e da Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica (SBEB). Em 2007, concluiu um MBA na área de Administração de Negócios e Comércio Eletrônico pela Abet Open Univerity, USA. Em 2010, foi eleito Presidente da Comissão Especial de Realidade Virtual da Sociedade Brasileira de Computação (CE-RV/SBC), para a gestão 2010-2012.

Gerson Flavio Mendes de Lima (gersonlima@ieee.org) possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (1994), Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (2008) e Doutorado pela Universidade Federal de Uberlândia (2014). Possui grande Experiência com Computação Gráfica e Produtos Autodesk, trabalha na área de desenvolvimento de aplicativos CAD para Instalações Elétricas, Projetos Elétricos de Baixa, Média e Alta Tensão. É membro do GRVA, e Diretor do IEEE R9 –Seção Minas Gerais - Latim América desde 2003. Atua no Projeto RV CEMIG desde sua concepção inicial em 2009.