



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

CB/GMI/29

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO -GMI

GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAS DE MANUTENÇÃO - GMI

SISTEMA DE PLANEJAMENTO DE INTERVENÇÕES NO SISTEMA ELÉTRICO DE TRANSMISSÃO BASEADO EM REALIDADE VIRTUAL

Paulo Roberto Moreira do Prado(*)
Cemig/CGWorks

Camilo de Lellis Barreto Junior
UFU

Alexandre Cardoso
UFU

Alexandre Carvalho Silva
UFU

Edgard Lomounier
UFU

Gerson Flávio Mendes de Lima
CGWorks

Leandro Mattioli
UFU

Daniel de Souza Ramos
Cemig

RESUMO

Uma intervenção no Sistema Elétrico de Potência – SEP demanda planejamento relacionado com as equipes de manutenção e operação. As equipes de manutenção tratam com os equipamentos fisicamente instalados em uma estação enquanto as equipes dos centros de operação normalmente tratam o SEP através da representação unifilar de seus elementos. Este trabalho propõe e avalia o uso de um Sistema de Realidade Virtual representando subestações como suporte à etapa de planejamento das intervenções. Tal sistema pode ser usado tanto pelas equipes de manutenção quanto pelas equipes dos centros de operação, ou de maneira conjunta, aproximando as percepções destas equipes, com melhorias significativas na comunicação entre as mesmas.

PALAVRAS-CHAVE

Realidade Virtual, Transmissão, Subestação, Programação de Intervenções, Sistema Elétrico de Potência.

1.0 - INTRODUÇÃO

Há muito tem-se pesquisado a eficácia do uso de sistema de Realidade Virtual para melhorar a performance em situações de treinamento e de apoio à tomada de decisões. Como exemplo, Nazir; Kluge; Manca (2013) e Colombo; Nazir; Manca (2014), demonstram o uso de Realidade Virtual no treinamento de equipes da área industrial. A indústria de energia também passou a ser alvo de pesquisa para treinamento, como apontado pelos trabalhos de Guoxiaoli; Fengli; Liuhong (2010) e Reis et al. (2015).

Como a interface baseada em Realidade Virtual se apoia em processos interativos, com imersão física ou mental, observa-se que o conhecimento intuitivo do usuário a respeito do mundo físico pode ser utilizado para manipular o ambiente virtual, possibilitando ao usuário a manipulação de informações através de experiências próximas do real. Este trabalho propõe uma estratégia de utilização de ambientes virtuais assemelhados a arranjos físicos de subestações de Energia Elétrica, o Sistema de Realidade Virtual da Cemig – SRVCemig, no contexto da manutenção dos mesmos, de maneira a avaliar o uso, pelas equipes de planejamento de intervenções, identificando vantagens e problemas decorrentes de tal associação.

Esta aplicação foi desenvolvida como um dos produtos do 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 Planejamento das Intervenções

A Cemig Geração e Transmissão (GT) possui ativos de geração e de transmissão, que são operados pelo Centro de Operação do Sistema - COS. Equipes de engenharia de manutenção são responsáveis pelo planejamento das intervenções necessárias aos equipamentos das usinas e subestações e submetem esse planejamento à equipe de operação para que esta possa preparar o sistema elétrico, em conjunto com o ONS, para a realização da intervenção, sob a ótica da operação.

A Programação de Intervenções tem como principal finalidade cuidar do planejamento operacional de todas as atividades de intervenção que possam ser previamente programadas. Na Cemig, as solicitações de intervenção são feitas através dos Pedidos de Liberação de Equipamentos – PLE - Figura 1, encaminhados pelas equipes de campo, normalmente equipes de manutenção e desencadeiam as atividades de programação de intervenções. Estes pedidos devem conter, dentre outras informações, o equipamento alvo da intervenção, sua localização, o tipo de serviço a ser realizado, o prazo de execução da intervenção e, por fim, uma orientação sobre as condições operativas do sistema, chamada de Condição Requerida, para a realização de uma intervenção de forma segura para as pessoas, equipamentos e para o sistema elétrico.

Em linhas gerais, quando os equipamentos que sofrerão intervenção pertencem à Rede de Operação, o referido pedido deverá ser encaminhado também ao ONS, podendo a intervenção ser realizada apenas com a sua autorização. Por outro lado, quando se tratarem de equipamentos fora da Rede de Operação, as tratativas ocorrem somente internamente no Centro de Operação do Sistema. Existem também os pedidos de intervenção formulados por outros agentes que atuam no sistema elétrico e compartilham estações entre si.

Formulário eletrônico para o pedido de liberação de equipamentos. O formulário é dividido em seções para preenchimento de dados pessoais, seleção de equipamentos, definição de condições operativas e prazos. Campos visíveis incluem: Nome Credenciado (RAULO ROBERTO M. DO PRADO), Nº Pessoal/RG (45612), Gerência/Empresa (POIGT), Supervisor de Serviço, Estação, Equipamento(s) Desligado(s), Quem(s) Equipamento(s), Condição Requerida (Fora de Serviço, Em Serviço, Isolado, Isolado/Aterrado (LT/LD), Outras Condições), Serviço a ser Executado, Início Previsto (Data e Hora), Término Previsto (Data e Hora), Haverá Dispensa Provisória? (Sim/Não), Riscos de desligamentos de equipamentos durante esta intervenção (NÃO, Inerente, Adicional (Caracterizar)), Período Diário, Indisponibilidade Prevista, Condição Especial, e Observações.

Figura 1 Formulário Eletrônico – Pedido de Liberação de Equipamento - PLE

2.2 SRVCemig – Sistema de Realidade Virtual da Cemig GT

Considerando que Realidade Virtual – RV 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 planejamento, treinamento e educação:

- É possível visualizar, navegar e interagir com estruturas virtuais à semelhança dos reais, sem custos de viagens e sem exposição a riscos presentes nos ambientes reais;
- É possível simular operações e situações de risco, sem danos reais à equipamentos, instalações e pessoas;
- Ações realizadas em ambientes virtuais permitem incorporar comportamentos, novos ou tradicionais, adequados a situações rotineiras, sem exposição a riscos e com segurança;
- A RV possibilita maior quantidade de treinamento que aqueles efetuados em ambientes reais, gerando, em consequência, um treinamento mais robusto.

O Sistema de Realidade Virtual da Cemig – SRVCemig é um sistema onde todas as estações de transmissão da empresa foram modeladas, por meio de estratégias de reconhecimento de CADs, fotos, vídeos e construção de ambientes virtuais fiéis aos ambientes reais.

Através dele é possível o monitoramento em tempo real do estado e dos parâmetros elétricos dos diversos equipamentos pois o SRVCemig possui uma conexão bidirecional de troca de dados com o sistema SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition, permitindo o recebimento de dados e envio de comandos.

No relacionamento entre as equipes de operação e as equipes de campo há o confronto de duas realidades: no Centro de Operação as estruturas físicas reais são transformadas em diagramas unifilares - **Erro! Fonte de referência não encontrada..** No entanto, as equipes de campo convivem diariamente com os ambientes físicos reais das estações - **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

O modelo mental das equipes de campo está fundamentado no modelo real da estação, com seus arranjos elétricos e equipamentos. Já o modelo mental dos programadores está baseado em diagramas e convenções representativas do modelo real, tais quais as relacionadas com os Diagramas Unifilares, presentes nas atuais IHM (Interfaces Humano-Computador) dos centros de operação.

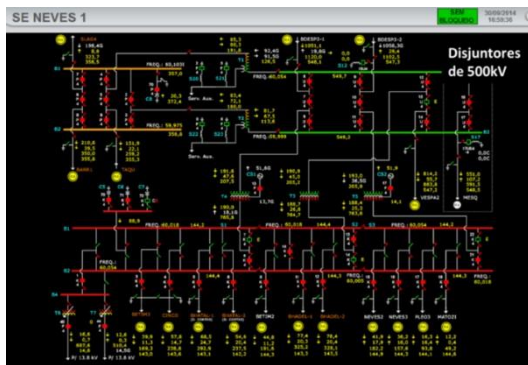


Figura 2: SE Neves 1, diagrama unifilar com destaque aos disjuntores de 500kV.



Figura 3: SE Neves 1, disjuntores de 500kV

O uso de um Sistema de Realidade Virtual – SRV permite uma melhor aproximação entre os modelos mentais das equipes do Centro de Operação e as equipes de campo, na medida em que propicia condições de navegação, visualização, interação e imersão em ambientes virtuais assemelhados a ambientes reais.

Como foi preparado tanto para o recebimento, quanto para o envio de dados para o sistema SCADA, o SRVCemig permite o controle, a operação dos diversos equipamentos, diretamente na interface 3D, sem necessidade de acesso às interfaces do sistema SCADA – Figura 4.

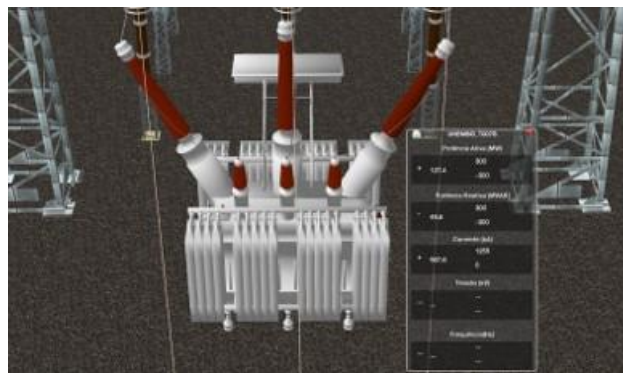


Figura 4 Visualização de dados, advindos do SCADA, relacionados com um dado transformador

A proposta deste trabalho objetiva ampliar o uso do SRVCemig, dando às equipes de campo melhor condição de planejamento das intervenções, sem a necessidade de deslocamento às estações e permitir às equipes do centro entenderem em detalhes o trabalho que será realizado e suas implicações com toda a estrutura física da estação.

Isto melhora o planejamento de manutenção e operacional da intervenção e maximiza os cuidados necessários à segurança dos envolvidos, dos equipamentos a serem trabalhados e dos equipamentos do entorno.

Detalhando, pode-se destacar os seguintes ganhos da adoção do SRVCemig:

- O conhecimento dos arranjos físicos das estações permite ao programador um maior entendimento sobre a intervenção que está sendo solicitada e sobre as manobras de equipamentos necessárias à segurança;
- O uso do Sistema de Realidade Virtual permite maior qualidade de comunicação e entendimento entre as equipes de campo e os programadores do Centro de Operação simulando-se a presença em campo de ambos e aproximando os modelos mentais formulados tanto pelas equipes de campo quanto pelas equipes dos Centros;

A primeira etapa trata do cadastro do pedido pelo solicitante. É nesta etapa que aquele que pede a liberação da intervenção ao Centro de Operação declara diversas informações necessárias à análise de seu pedido.

Após a seleção do local onde o serviço será executado, linha de transmissão ou estação, seleciona-se em um menu para a inclusão dos equipamentos que sofrerão a intervenção. Sempre que a seleção for para trabalho em estação, assim que os equipamentos são incluídos no formulário, aparecem à direita do campo equipamento dois botões em forma de binóculo - Figura 7.

The image shows a screenshot of the SRVCemig web application interface. The title is 'Pedido de Liberação de Equipamento - PREENCHIMENTO'. The user is identified as PAULO ROBERTO H. DO PRADO. The service is 'SE EMBORCAÇÃO 500 KV'. The equipment selected is 'Disjuntor 1104'. Two binocular icons are visible on the right side of the equipment selection area, with a red arrow pointing to them. The interface includes various dropdown menus, text boxes, and radio buttons for selecting conditions and dates.

Figura 7 - Acesso ao SRVCemig no momento do cadastro

O primeiro trata uma funcionalidade já existente no SGD: permitir a pesquisa de intervenções já cadastradas para os mesmos equipamentos, com o intuito de permitir uma otimização dos pedidos entre diferentes usuários. O segundo, nominado “Exibir Realidade Virtual”, se pressionado, retornará a abertura de uma nova janela do Browser com a estação em foco em exibição do SRVCemig - Figura 8.



Figura 8 SRVCemig – Vista de pátio de 500kV

3.0 - RESULTADOS

3.1 Estudo de Caso

Para a elaboração do Estudo de Caso contou-se com a participação de sete programadores voluntários. Os voluntários foram submetidos a três atividades, sendo duas pesquisas e a execução de uma programação de intervenção.

Na primeira pesquisa os voluntários foram questionados sobre as principais dificuldades no entendimento de solicitações e no contato com as equipes de campo. Os resultados mostraram a viabilidade do uso de uma ferramenta de apoio como o SRVCemig.

Para a segunda atividade, com o intuito de avaliar o uso do SRVCemig integrado ao SGD, foi proposta uma intervenção fictícia para ser preparada por todos os programadores. Para tanto, seguiu-se todo o trâmite normal de solicitação de uma intervenção, com o cadastro da solicitação no Sistema de Gerenciamento de Desligamentos. Foram cadastradas sete intervenções idênticas e o supervisor da programação distribuiu as mesmas para cada um dos programadores.

Solicitou-se aos voluntários que preparassem a programação simultaneamente. E, de acordo, com o resultado da primeira pesquisa, selecionou-se uma intervenção que envolvesse obras e desconexões de forma a maximizar o uso do novo sistema.

A Figura 9 traz os detalhes da intervenção no formulário eletrônico do SGD.

A estação escolhida foi a SE Emborcação onde, de fato, ocorreria nos meses subsequentes, uma série de alterações na barra de 500kV com a inserção de mais disjuntores para os transformadores existentes e também a inserção de mais um transformador 500-138kV.

A intervenção, em princípio fictícia, teria grandes chances de ocorrer exatamente como solicitada quando da real execução das obras, dando um realismo ao serviço solicitado.

Linha/Estação:	UH EMBORCAÇÃO		
Equipamento(s) Desejado(s):	Barra R#2 - DP - 500 kV; Disjuntor 8U4; Disjuntor 9U4; Unidade Geradora G1 298 MW; Transformador T7 500-138-13,8 kV 300 MVA		
Condição Requerida:	<input type="checkbox"/> Fora de Serviço <input checked="" type="checkbox"/> Isolado <input type="checkbox"/> Isolado/Aterrado (LT/LD) <input type="checkbox"/> Em Serviço <input type="checkbox"/> Outras Condições (Detalhes no Campo "Observações")		
Serviço a ser Executado:	Desmontagem dos 6 pórticos e barramento rígido que interliga os vãos 4, 5 e 6 aos vãos 8 e 9U.		
Plano de Cronograma	Início Previsto: Data : 15/11/2016 Hora 08 h 00 min Término Previsto: Data : 15/11/2016 Hora 17 h 00 min Haverá Dispensa Provisória? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Há riscos de deslocamentos de equipamentos durante esta intervenção: <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Inerente <input type="checkbox"/> Adicional (caracterizar) Período Diário: Indisponibilidade Prevista: 08 h 00 min às 17 h 00 min e de -- h -- min às -- h -- min Condição Especial: -- h -- min às -- h -- min e de -- h -- min às -- h -- min Em caso de necessidade, pode-se dispor do equipamento em 04 h 00 min		
Observações:	O deslocamento da barra 2 se justifica devido à proximidade com os barramentos rígidos que serão movimentados.		
Aprovação	Paulo Roberto M. do Prado (via web)	Telefone	312804881
		SET	999999
		Data	09/05/2016 11:14:41

Figura 9 - PLE com a intervenção proposta

Foi solicitado o serviço de desmontagem de 6 pórticos intermediários e de apoio, que sustentam uma barra que interliga os vãos de números 4, 5 e 6 aos vãos 8 e 9 do setor de 500kV da SE.

Esses pórticos a serem desmontados não são identificáveis nos diagramas unifilares que rotineiramente são utilizados pelos programadores.

A Figura 10 apresenta a área de 500kV no unifilar da SE Emborcação e a identificação dos equipamentos solicitados na intervenção. Não se visualizam os pórticos e a barra que serão desmontados.

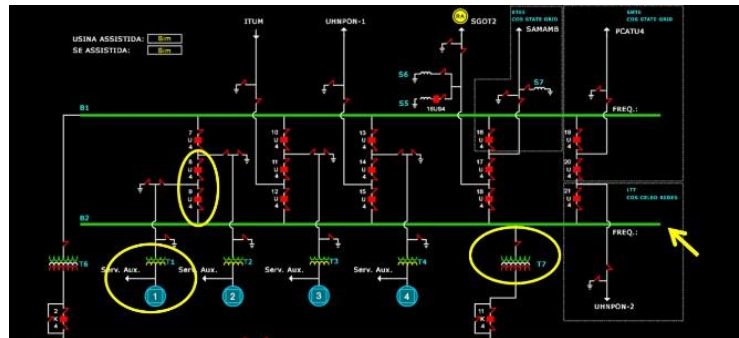


Figura 10 - Área de 500kV da SE Emborcação – Equipamentos solicitados

O uso do SRVCemig permitiu a visualização dos pórticos e suas interferências com os demais elementos da subestação favorecendo uma boa execução da programação da intervenção.

A Figura 11 apresenta a interface do SRVCemig onde pode-se identificar os elementos solicitados

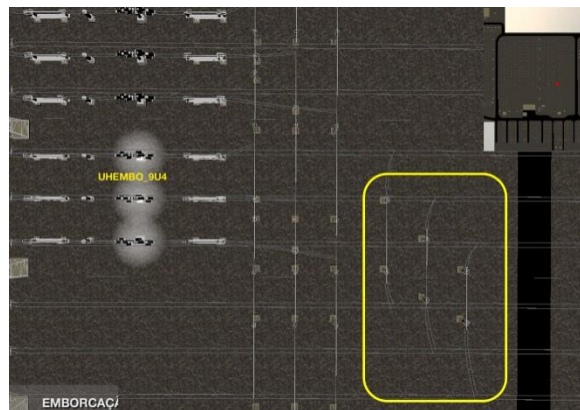


Figura 11- SRVCemig – SE Emborcação – Pórticos e Barra a serem trabalhados

A terceira atividade do estudo de caso foi submeter os voluntários a uma segunda pesquisa, assim que terminavam a programação proposta, de forma a avaliar o uso do SRVCemig na programação de intervenções.

3.2 Resultados

A pesquisa avaliou o Grau de Adequação do SRVCemig a sete requisitos.

Havia cinco graus de adequação possíveis: totalmente adequado, muito adequado, parcialmente adequando, pouco adequado e nada adequado.

Os graus totalmente adequado e muito adequado foram aglutinados após a pesquisa criando-se um índice de favorabilidade.

O quadro da Figura 12 apresenta os resultados da pesquisa.

Questões Propostas	Adequação				
	Total mente	Muito	Parcial mente	Pouco	Nada
Quão adequado é o sistema de Realidade Virtual – SRV integrado ao SGD no auxílio à programação de intervenções?	42,0	42,0	14,2	0	0
Quão realístico é o ambiente e objetos modelados nas estações?	14,3	85,7	0	0	0
Como você avalia a usabilidade do sistema? Considere o quanto é amigável as informações contidas no sistema, o uso de mouse e teclado, os ícones e botões, etc.)	0	14,3	85,7	0	0
Qual é o seu grau de motivação para o uso do Sistema de Realidade Virtual Cemig?	28,6	71,4	0	0	0
O quanto o uso do Sistema de Realidade Virtual melhorou seu processo de programação da intervenção em questão, ajudando no entendimento do serviço a ser executado e no conhecimento da estação e arranjos envolvidos?	78,6	17,1	14,3	0	0
O quanto você recomendaria o uso do Sistema de Realidade Virtual para outros programadores?	28,6	71,4	0	0	0
Em linhas gerais o quanto satisfeito você ficou com o uso do Sistema de Realidade Virtual na atividade de programação de intervenções?	14,3	57,1	28,6	0	0

Figura 12 - Quadro Sinótico de Resultados.

Houve 85,8% de favorabilidade no quesito de adequação na integração entre o SGD e o SRVCemig.

100% de favorabilidade na percepção de realismo das cenas e modelos apresentados pelo SRVCemig corou o cuidado no desenvolvimento do SRVCemig, desde a obtenção dos insumos quanto no desenvolvimento das cenas. Esse cuidado com o realismo das cenas, onde todos os detalhes de arranjo, dimensões e distâncias são fidedignas ao ambiente real favorecem ainda a possibilidade das equipes de campo poderem fazer todo o planejamento das intervenções sem a necessidade de deslocamentos preliminares às estações, reduzindo custos com viagens.

Outro quesito extremamente promissor na avaliação da integração do SRVCemig com o SGD é que houve 100% de favorabilidade na motivação da equipe no uso do SRVCemig. Podemos inferir que realmente o SRVCemig poderá preencher a lacuna apontada pela equipe na primeira pesquisa quanto à necessidade de melhor conhecer fisicamente as estações nas quais eles estão desenvolvendo suas atividades.

Houve 85,7% de favorabilidade no reconhecimento da utilidade do uso do SRVCemig no desenvolvimento do trabalho, como ferramenta capaz de melhorar a performance do programador. Percebe-se, ainda, 100% de favorabilidade na intenção de recomendar o uso do sistema a outros programadores.

Numa avaliação global quanto à satisfação no uso do SRVCemig obteve 71,4% de favorabilidade.

Além de responder às questões formuladas foi solicitado no formulário de pesquisa que os programadores apontassem pontos fortes e fracos do sistema. Foram apontados os seguintes pontos fortes:

- Possibilidade de se conhecer a SE, sem necessariamente ter que ir fisicamente até a mesma;
- Grande potencial do sistema no auxílio à familiarização com os arranjos e melhoria nas programações;
- Melhora na comunicação com as equipes de campo;

Mais uma vez a equipe demonstrou a possibilidade do SRVCemig suprir com eficiência as necessidades demonstradas pela equipe na primeira pesquisa.

O único requisito em que a predominância não esteve concentrada entre “muito adequado” e “totalmente adequado”, sendo que a favorabilidade ficou em 14,3% foi relativo à usabilidade do sistema.

Para o requisito da usabilidade a maior concentração foi majoritariamente no nível “parcialmente adequado”, 85,7%.

Avaliando as indicações dos pontos fracos do sistema verificamos que todos foram relacionados à usabilidade.

Basicamente os apontamentos quanto à usabilidade dizem respeito a três pontos principais:

- Dificuldades de manipulação de cena com o uso do mouse e teclas de direção;
- Falta de controle do ângulo vertical das câmeras em primeira e terceira pessoa;
- Dificuldade na identificação de equipamentos, principalmente as barras de 500kV.

O SRVCemig permite a manipulação da cena através de outros dispositivos como por exemplo joystick. No uso no ambiente empresarial essa solução ainda não foi viabilizada, embora não esteja descartada. Se o foco fosse somente

a equipe de programadores poderíamos suprir seus computadores com esse recurso. No entanto, o sistema está sendo usado por todos os envolvidos na operação e manutenção de estações, o que dificulta a uso de joystick.

Na versão desktop do sistema, há a possibilidade de se fazer a movimentação vertical das câmeras. Por simplificação na geração da versão web essa possibilidade foi suprimida. A avaliação dos usuários quanto a essa situação foi passada a equipe de desenvolvimento que já incluiu a movimentação vertical das câmeras na versão web.

Por fim, a dificuldade de identificação das barras de 500kV, por falta de indicação, se deve a questões de concepção do sistema. O SRVCemig foi concebido para se conectar ao SCADA e obter do mesmo os dados sobre os equipamentos. Para todos os equipamentos existentes na base de dados do SCADA há uma estratégia de visualização desses dados no SRV. No SCADA não há a identificação de barras na base de dados. As barras somente são identificadas nos unifilares das estações em informações estáticas, informações de background nas telas. Com o uso e o melhor conhecimento da disposição física dos elementos em campo o usuário deixará de ter essa dificuldade de identificação.

4.0 - CONCLUSÃO

O Projeto de P&D que redundou no sistema SRVCemig possui diversas aplicações. É intuitiva a possibilidade de treinamento onde, tanto as equipes de campo quanto as equipes do Centro de Operação possam ser treinadas individualmente ou em conjunto com o uso do sistema, sem a necessidade de deslocamentos.

O uso do SRVCemig permite aos treinandos se familiarizarem com todos os detalhes técnicos dos ambientes das subestações, além de poderem exercitar manobras no sistema, por meio de simulações nos respectivos ambientes virtuais.

A abordagem deste artigo é mais uma forma de uso do SRVCemig, no contexto de aplicação do sistema para fins de planejamento de intervenções e pode ser usado tanto pelas equipes de campo quanto pelas equipes do Centro de Operação. O Estudo de Caso demonstrou a pertinência do uso do SRVCemig pelas equipes envolvidas no planejamento das intervenções no Sistema Elétrico.

A carência de conhecimento detalhado dos aspectos técnicos em campo das subestações declarado pelos programadores do Centro de Operação foi suprida com eficiência pelo SRVCemig, como demonstraram os resultados da segunda pesquisa feita com os programadores voluntários.

As equipes de campo têm agora uma poderosa ferramenta para poder planejar suas intervenções sem a necessidade de deslocamentos ao campo, gerando otimização de tempo e de recursos.

Por fim, o contato entre essas equipes ficou muito facilitado.

Corroborando com esse resultado a avaliação em Yao J et al., 2005 de que um dos objetivos em aplicações colaborativas suportadas por RV é permitir a análise de características físicas dos ambientes entre os usuários, por meio de ambientes virtuais. Definem, ainda, que um ambiente de colaboração virtual é como um “meeting point” em um espaço compartilhado.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARATA, P. N. A.; RIBEIRO, M.; NUNES, M. V. A. Consolidating Learning in Power Systems: Virtual Reality Applied to the Study of the Operation of Electric Power Transformers. *IEEE Transactions on Education*, Vol. 58, Nº. 4, 2015

BARCELOS, M. A. et al. Uso de realidade aumentada na visualização de componentes de subestações de energia elétrica. In: XI Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica. 2013.

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.

CHANG, Z. et al. A training simulation system for substation equipments maintenance. In: *Machine Vision and Human-Machine Interface (MVHI)*, 2010 International Conference on. 2010. p. 572–575.

COELHO, D.; COELHO, R. and CARDOSO, A. “Use of Virtual Reality in process control in a mine in Brazil – a case study”. *Anais do XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality*, Uberlândia, MG, 2011.

COLOMBO S, NAZIR S, MANCA D. Immersive virtual reality for decision making in process industry-experiment results. *Society of Petroleum Engineers* 2014.

FENG, Y.; CHENG, W. Development of a Distributed Training Simulator for Power System Based on HLA. *Power and Energy Engineering Conference*, 2009. APPEEC 2009. Asia-Pacific.

GUOXIAOLI, FENGLI, LIUHONG. Application of the Virtual Reality Technologies in Power Systems. 2nd International Conference on Future Computer and Communication 2010. V3 – p41-44

KIRNER, C.; SICOUTO, R. Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações. Rio de Janeiro: Livro do pré-simpósio, IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, 2007. p.9

NAZIR S, KLUGE A, MANCA D. Can Immersive Virtual Environments Make the Difference in Training Industrial Operators? Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, Europe Chapter, 2013 Annual Conference.

PRADO, P.R.M., “Sistema de Apoio a Programação de Intervenções no Sistema Elétrico de Transmissão Baseado em Realidade Virtual”, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Elétrica, UFU, 2016.

REIS, P. R. J.; MATOS, C.; DINIZ, P.; SILVA, D; DANTAS, W.; BRAZ Jr., G.; PAIVA, A.C.; ARAÚJO, A.S. Uma Aplicação Imersiva de Realidade Virtual para Treinamento Colaborativo de Operadores de Sistemas Elétricos. XVII Symposium on Virtual and Augmented Reality 2015

SILVA, A.; CARDOSO, A; LAMOUNIER Jr., E.; PRADO, P.; FERREIRA, J. Adequação de uma Engine de Jogos Visando a Construção de Sistemas de Realidade Virtual para o Treinamento de Operadores e Controle de Subestações de Energia Elétrica. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Games - Workshop de Realidade Virtual e Aumentada aplicada a Games – SBGames 2013, 2013, São Paulo, SP, Brasil.

SILVA, A.; CARDOSO, A; LAMOUNIER Jr., E.; PRADO, P.; FERREIRA, J. Uso da Engine de Jogos Unity3D para Sistemas de Realidade Virtual Aplicado à Monitoramento e Controle de Subestações de Energia Elétrica. In: Anais do X workshop de Realidade Virtual e Aumentada – WRVA’2013, 2013, Jataí, GO, Brasil.

SILVA, A.; CARDOSO, A; LAMOUNIER Jr., E.; PRADO, P.; FERREIRA, J; OLIVEIRA, L, VRCEMIG: a Virtual Reality System for Real Time Control of Electric Substations. In: IEEE Virtual Reality, 2013, Orlando - Florida. Research Demonstrations – RD1, 2013.

TORI, R. A presença das Tecnologias Interativas na Educação. Revista de Computação e Tecnologia da PUC-SP. 2011

YAO J, FERNANDO T, TAWFIK H, ARMTIAGE R, BILLING I. A VR-centered workspace for supporting collaborative urban planning. The Ninth International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design Proceedings 2005. p. 564–569 Vol. 1

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Paulo Roberto Moreira do Prado (prmprado@uol.com.br), natural de Mirassol-SP em 30/11/1962, 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 (2016). Tem experiência na coordenação de Centros de Operação de Distribuição e Centros de Operação de Geração e Transmissão.

