XXIV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

CB/GOP/33

GRUPO - IX

GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS- GOP

AMBIENTE GRÁFICO INTERATIVO PARA TREINAMENTO DE OPERADORES DO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA

Antônio Sérgio de Araújo (*) CHESF
Jozimar F. Durand CHESF
Anselmo C. Paiva UFMA
Geraldo Braz Junior UFMA
P.R.J. dos Reis UFMA
T.R. Ribeiro UFMA
C.E.M. Falcão UFMA
Ivana M. O. Maia UFMA

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de módulos para treinamento de procedimentos operacionais em ambiente de simulação gráfica interativa e cooperativa, que permita ao operador a realização de procedimentos simulados com ou sem supervisão e com o armazenamento de suas reações para avaliação e no final retorna à pontuação atingida.

Propõe-se uma ferramenta capaz de realizar a supervisão de operadores durante o treinamento em um ambiente virtual. O ambiente virtual foi criado baseado na planta de instalações da CHESF e seus equipamentos foram modelados de maneira realista visando aumentar a imersão do operador durante a simulação.

PALAVRAS-CHAVE

Autotreinamento, Treinamento de operadores, Ambiente Virtual, Neurociência

1.0 - INTRODUÇÃO

As novidades chegam todos os dias, por "todos os lados" e os profissionais precisam manter-se atualizados e conectados com as inovações relacionadas à sua área e ao negócio da empresa em que atuam. Mas as empresas podem ajudar seus talentos a acompanharem esse ritmo que ganha, cada vez mais, aceleração.

Os avanços tecnológicos nos direcionam a necessidades de atualização de maneira contínua, pois a capacitação de pessoal está diretamente ligada ao êxito ou à queda de uma empresa. Capacitar gera reeducação, ou seja, mudança de comportamento. Logo, estima-se que toda capacitação é importante para se atingir melhora da autoestima dos colaboradores, maior produtividade, otimização de processos, manutenção e atualização com manobras, seus procedimentos e normas, melhor gestão de tempo e das ferramentas de trabalho tendo por consequência a melhora na excelência das atividades e do trabalho oferecido, na qualidade dos serviços prestados. Isto porque promove a redução de falhas operacionais, incremento do desempenho econômico e a confiança da empresa.

A utilização de Realidade Virtual em ambientes de treinamento para a indústria tem se popularizado tendo em vista os benefícios provenientes desta tecnologia. No treinamento de operadores de sistemas elétricos de potência os ambientes de treinamento se constituem uma importante ferramenta para a formação e capacitação desses operadores. A busca por ferramentas que permitam a automatização deste processo e possibilitem experiências de treinamento muito próximas das situações reais vem sendo investigadas em diversos trabalhos e se mostram um ramo promissor e um campo de pesquisa ainda em aberto.

O grande desafio dos sistemas elétricos de potência - SEP consiste em garantir seu funcionamento contínuo, com altas taxas de disponibilidade em tempo real. Situações de estresse devem ser evitadas com o auto controle obtido

(*) Rua Delmiro Gouveia, n˚ 333 – sala A 202 - Anexo 2 – CEP 50.761-901 Recife, PE, – Brasil
Tel: (+55 81) 3229-4509 –Cel: (+55 81) 99952-8942 – Email: asergio@chesf.gov.br

através da vivência de situações semelhantes em ambientes simulados. Este contínuo treinamento de operadores de sistemas elétricos é necessário para mantê-los atualizados com manobras, procedimentos e normas.

Pensando nestes fatores, a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco – CHESF desempenha treinamentos regularmente com seus operadores afim de evitar incertezas e promover qualidade técnica.

Treinamento baseado em simulação é uma opção interessante pela segurança proporcionada tanto para o operador quanto para o sistema. Oferecem ao treinando a oportunidade de ser exposto a vários cenários e condições críticas, mesmo se elas ocorrerem raramente ou se forem de perigosa reprodução. O ambiente gráfico pode contribuir consideravelmente por proporcionar uma melhor visualização do estado do sistema elétrico e garantir um processo mais efetivo de treinamento.

A Realidade Virtual é uma importante tecnologia por ser um modelo de interação entre usuários e computadores, no qual os usuários podem navegar e interagir com um mundo representado graficamente em 3D. Inicialmente utilizada para entretenimento, esta tecnologia é amplamente percebida como uma importante ferramenta no processo de aprendizado (1). Desta forma, esta tecnologia aparece como uma possibilidade de construção de ambientes de treinamento de diversas áreas, favorecendo a assimilação e a experiência de situações virtuais em comparação com as reais.

A realidade virtual proporciona portanto uma experiência de simulação com qualidade suficiente para ser adotada como mecanismo de treinamento. Embora sua capacidade existe uma gama de aplicativos em vigor, construídos para o monitoramento desse sistema que não proporcionam treinamento simplificado. Uma das principais restrições destes sistemas é a limitação imposta em termo de escalabilidade do treinamento, restrita na participação efetiva de instrutores. Logo, não existe a exploração do autotreinamento, orientado por cenários que podem ser inicializados a qualquer momento em qualquer ambiente que possua preparação para esta finalidade.

O objetivo deste trabalho é apresentar o AGITO-Supervisor. Esse é um componente do sistema AGITO (integrado ao SAGE (2) e SIMULOP) desenvolvido para fornecer mecanismos de auto avaliação do treinamento e relatórios técnicos ao instrutor, que por sua vez poderá acompanhar o processo de uma maneira automatizada. O grande objetivo da plataforma consiste na promoção de expansão do treinamento, alicerçada no aumento da disponibilidade, capacidade de treinamento e supervisão.

O restante deste trabalho está organizado em mais três seções onde são discutidas respectivamente, a base tecnológica utilizada para esse trabalho, a solução proposta pelo AGITO-Supervisor e as considerações finais a respeito da utilização e ganhos com a ferramenta..

2.0 - VÍDEO GAMES

Games podem transformar um ser humano. Conforme nosso conhecimento cresce ao longo dos jogos que experimentamos, não só nos sentimos intocavelmente satisfeitos, como também ganhamos habilidades na vida real. Crescendo com cada jogo, nossos atributos pessoais estão avançando, e os jogos nos ensinam a "evoluir" (3).

2.1 Vídeo games te dão uma melhor coordenação motora

Com jogadores, somos treinados a nos tornarmos os cirurgiões do mundo virtual. Jogando vídeo games numa base regular, podemos treinar as mãos e os olhos para que trabalhem juntos, executando os procedimentos mais precisos e complexos. Com seus olhos fixos na tela e suas mãos presas nos controles, suas mãos e olhos se tornam uno, como se conectados através de um intrincado sistema de canais condutivos. Você não nasce com isso, os vídeos games te ensinam isso.

3.0 - NEUROCIÊNCIA COGNITIVA E A NOSSA REALIDADE

Uma das subdivisões do estudo da neurociência é a neurociência cognitiva (4) que aborda os campos de pensamento, aprendizado e memória. O estudo do planejamento, do uso da linguagem e das diferenças entre a memória para eventos específicos, e a memória para a execução de habilidades motoras, são exemplos da análise ao nível cognitivo. Para Kandel (5), ganhador do Prêmio Nobel em Fisiologia e Medicina em 2000, a neurociência atual é a neurociência cognitiva, um misto de neurofisiologia, anatomia, biologia desenvolvimentalista, biologia celular e molecular e psicologia cognitiva.

A neurociência explica que expandimos nossa mente na proporção que aumentamos as sinapses e aumentamos nossas sinapses colocando nossa mente para aprender o desconhecido. Com jogos projetados para dar ao seu cérebro um exercício sobre a importância da tática, técnica e prioridade, os jogos com certeza te deixarão mais expertos. Assim como o musculo, o quanto mais você exercita seu cérebro, mais forte ele fica e quanto mais poder cerebral você tiver, mais inteligente você fica. É ciência pura.

A ciência já conhece a capacidade de reorganização e reestruturação de nossas conexões neurais (neuroplasticidade). Técnicas de reprogramação mental surgem a cada dia. Até quando continuaremos a vivenciar

experiências que culminem na obrigação de vivermos dentro de uma realidade insatisfatória e desagradável, se dentro de nós mesmos existe a possibilidade de fazer mudanças e transformar nossas realidades?

4.0 - REFERENCIAL TECNOLÓGICO

Esta seção apresenta o referencial tecnológico utilizado para fundamentação proposta por este trabalho assim como os sistemas AGITO e SIMULOP.

4.1 Sistema de Treinamento de Operadores - SIMULOP

O Sistema de Treinamento de Operadores - SIMULOP (6) consiste na coleção de ferramentas utilizadas pela CHESF para treinamento de seus operadores. Tal ambiente de simulação, pode ser empregado em diferentes atividades, onde as principais são:

- Educação primária do operador – adaptação ao ambiente da sala de controle;
- Treinamento complementar – experiência com situações extraordinárias;
- Reciclagem de operadores;
- Treinamento de qualificação para um nível superior;
- Treinamento preparatório para alterações futuras nos procedimentos e configurações da rede;

O principal objetivo do SIMULOP é portanto a representação do comportamento de sistemas elétricos de potência, respondendo às mudanças nas condições de operação ou eventos do sistema. A grande vantagem é acelerar a formação de experiência do operador, principalmente na recomposição do sistema após grandes distúrbios.

Seus principais componentes, exemplificados pela Figura 1 são: um simulador em tempo-real de sistemas elétricos e um sistema de Supervisão e Controle de Sistemas Elétricos, representado pelo SAGE.

O simulador em tempo-real empregado pelo SIMULOP é o Operator Trainning Simulator (OTS). Desenvolvido pela Eletrical Power Research Institute (EPRI), é um software utilizado por muitos sistemas elétricos presente em empresas de eletricidade na atualidade com a principal finalidade de treinamento (7). Sua principal característica é ser flexível, característica presente através da integração através da especificação de um modelo padrão de bases de dados de sistemas EMS (Energy Management System), denominado Common Information Model (CIM) (6)(8). Através do modelo CIM é possível alcançar a padronização de API que provocam consequentemente a evolução constante dos softwares da área.

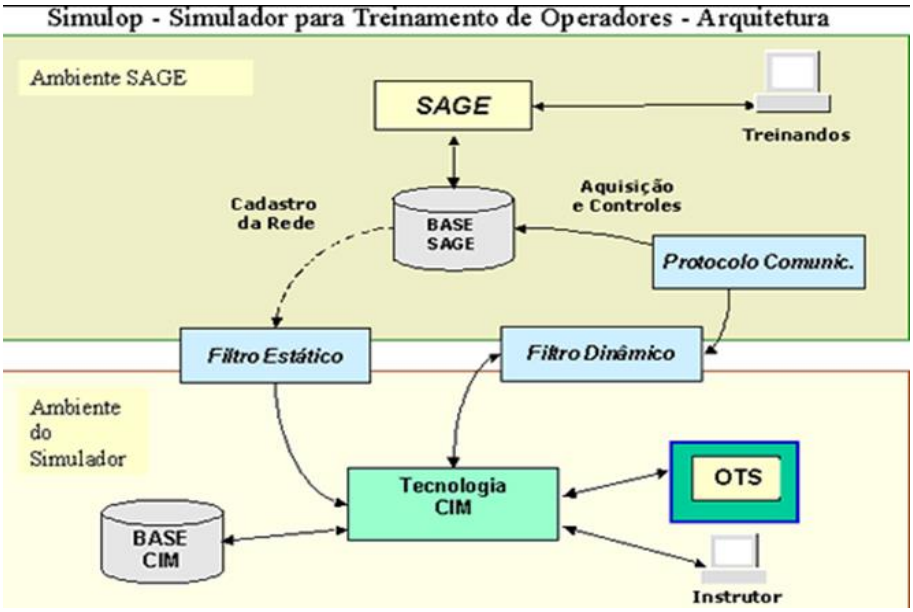

FIGURA 1 - Esquema da arquitetura do SIMULOP [3]

O SIMULOP corresponde a uma experiência de sucesso da capacitação da equipe técnica de operação. Todavia, a ferramenta possui algumas limitações, dentre elas a escalabilidade do processo, altamente dependente do instrutor e também quanto a capacidade de mapeamento da situação real para o operador de campo. Dentro dessas limitações, o sistema AGITO e seus componentes têm como objetivo propor uma interface de manipulação virtual dos equipamentos integradas com o SIMULOP e com a possibilidade de simples replicação com auto-avaliação, tema este deste trabalho.

4.2 Ambiente Gráfico Interativo para Treinamento de Operadores do Sistema Eletrico de Potência (AGITO)

O AGITO (9), exemplificado nas Figura 2, engloba as necessidades de treinamento de operadores de um centro de

operação, proporcionando aos mesmos uma experiência de treinamento mais efetiva, através da manipulação de equipamentos, navegação nas subestações em uma visualização tridimensional.
Este ambiente interativo foi desenvolvido através da utilização da engine gráfica Unity (10) que é um ecossistema de desenvolvimento de jogos bastante poderoso, além de ser uma engine de renderização completamente integrada a um conjunto completo de ferramentas intuitivas e de rápido fluxo de trabalho para criação de conteúdos 2D e 3D interativos.

O sistema AGITO possui em sua concepção as seguintes diretrizes:

a. Permitir a integração do ambiente de visualização 3D ao ambiente de simulação (SIMULOP) através da base de dados CIM/OTS;
b. Prover a visualização de um ambiente virtual que represente o ambiente físico da subestação;
c. Prover a visualização do estado de operação da subestação (estado simulado pelo SIMULOP) sobre o ambiente virtual;
d. Disponibilizar ferramentas de supervisão do treinamento de operadores, baseado nas premissas do SIMULOP e nos conceitos gamificação.

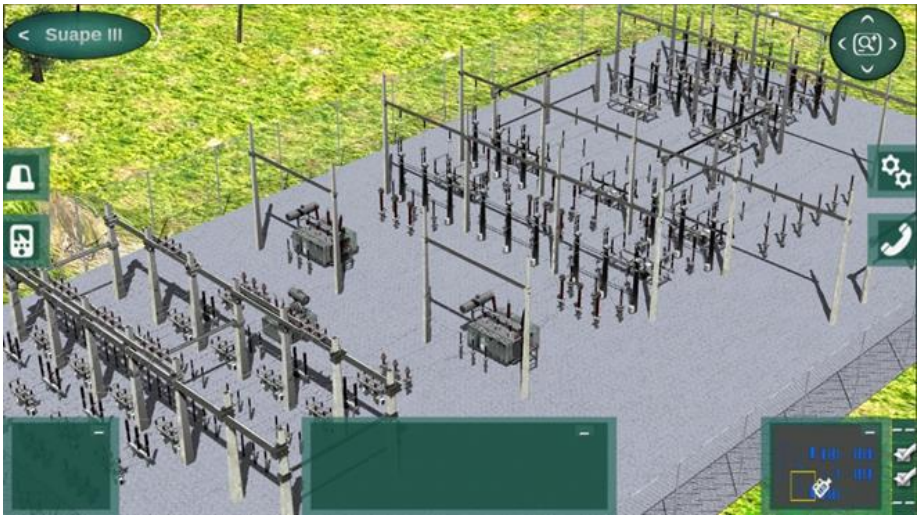

FIGURA 2 - Exemplo de UI do AGITO

5.0 - AGITO - SUPERVISOR

O AGITO é um ambiente basicamente de visualização. Todavia para adicionar funcionalidades que permitam ao instrutor do treinamento aumentar a disponibilidade do treinamento e gerenciamento dos operadores, foi necessário a implementação de um componente que permita incluir esse tipo de tarefa de maneira simples e objetiva.

O AGITO - Supervisor é o componente do sistema AGITO responsável pela supervisão da avaliação das atividades realizadas pelo operador durante o treinamento e geração de uma pontuação. Ele é composto por uma coleção de interfaces acessadas pelo instrutor e operador, além de base de informações próprias. Seu funcionamento básico é exemplificado pela Figura 3 onde é demonstrado dois contextos. O contexto do operador representa as instâncias de sistema visíveis ao operador, neste caso o AGITO integrado ao SAGE e OTS através do SIMULOP.

Independente do que o Operador fizer no sistema, todas as ações serão registradas em um LOG de Ações. O log será essencial para a avaliação do treinamento. No contexto do Supervisor estão os algoritmos responsável pela avaliação automática do treinamento, baseado na expertise do Instrutor carregada nas bases de Planos de Repostas e Normas Técnicas.

5.1. Plano de Treinamento e Normas Técnicas

A arquitetura do AGITO-Supervisor é composta pelas interfaces (Figura 4) de acesso utilizadas pelo Instrutor para inserção dos Planos de Respostas em uma base de dados.

Um cenário de simulação é algo que especifica um problema, seus objetivos, formação pretendida e normas utilizadas.

O Plano de Resposta é o conjunto de ações que um operador deve tomar para resolver um determinado cenário de simulação. O plano é baseado no conjunto de normas técnicas utilizadas pela CHESF como procedimento padrão para atuação e controle dos equipamentos.

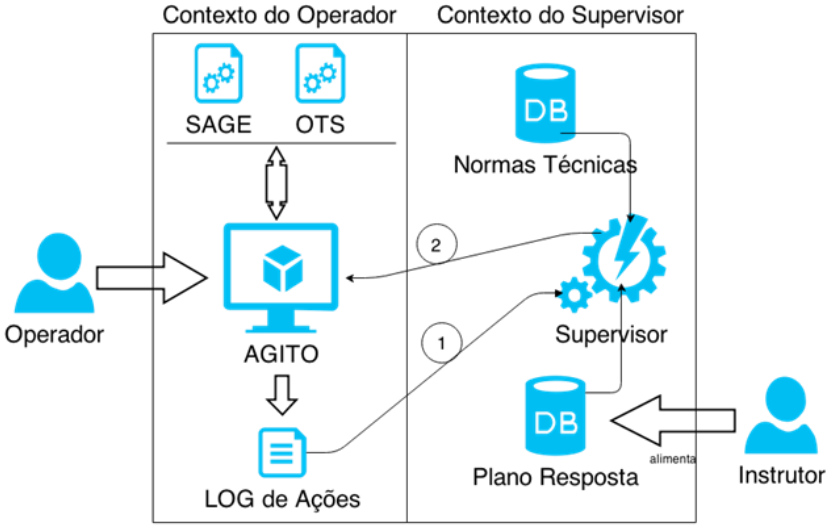

FIGURA 3 - Esquema de funcionamento do AGITO-Supervisor. Os pontos 1 e 2 representam a comunicação entre os contextos do operador e supervisor. Em 1 é passado todas as ações tomadas pelo operador durante a simulação. Em 2, o supervisor retorna a avaliação em forma de pontuação obtida pelo operador.

Os planos são especificados em termos de respostas e blocos. Existem três tipos de respostas: Atuação, Checagem ou Contato. Os três grupos de ações foram obtidos após testes e criados para a simplificação da geração das respostas. Uma resposta de Atuação representa uma ação feita pelo operador no sentido de regularizar a situação do sistema. Todavia, existem atuações que devem ser precedidas por checagens de segurança, sejam elas de qualquer medida relacionada a uma equipamento. Por fim, existem normas quanto ao contato de autoridades ou setores da empresa quando determinados eventos acontecem. Cada resposta pode ser agregada a informações adicionais como tempo mínimo/máximo para execução, norma técnica para consulta e dependência explicita de uma resposta anterior ou de um bloco de resposta anterior.

Os três tipos de respostas são agrupados em blocos Sequenciais ou Não Sequenciais. O bloco sequencial obedece restrições de tempo. Todas as suas respostas internas são organizadas numa sequência temporal, a qual o operador deverá seguir para obedecer todas as normas de operação do equipamento e solução do problema. O bloco não sequencial, por sua vez, não impõe restrição temporal às resposta inseridas internamente, estas que poderão portanto executar em qualquer ordem. Ainda existe o bloco especial Separador que representa a capacidade de separação de uma conjunto de comandos tornando suas execuções independentes.

FIGURA 4 - Visualização da interface de cadastro de plano de ações. A esquerda um cenário de simulação especificado na linguagem aceita pelo SIMULOP. A direita, um plano de ação exemplificado como solução para este cenário.

3.2 Supervisor

O Supervisor é o componente que faz o elo ente as ações realizadas pelo Operador durante um cenário de treinamento com as respostas planejadas pelo Instrutor. O elo é exemplificado através das arestas 1 e 2 da Figura 3. A aresta 1 representa a captura das informações de LOG de ações para o processamento da resposta dada pelo Operador durante o treinamento. A aresta 2 representa o resultado do processamento apresentado na forma de pontuação da interface do AGITO (detalhado na Seção 3.3).

Internamente o Supervisor possui uma coleção de funcionalidades que mapeiam o plano de resposta na forma de um grafo direcionado G de transição de estados, onde os vértices do grafo representam as ações que deveriam ser tomadas e as arestas representam a ordem ou definição de sequência dessas ações.

Tomando como base a abstração de ações apresentada na Figura 5, as letras A à H representam uma abstração de ações que seriam tomadas por um operador, onde A, B, C, H são ações sequenciais com dependência explicita, G é uma ação sequencia sem dependência e D, E e F são ações não sequenciais. Além da dependência de explicita de tarefas, também é possível especificar tempo mínimo e máximo para execução, o que também corresponde uma restrição temporal, mas não de transição de estados.

Pelo ilustrado na Figura 5 é possível perceber que existem ações que dependem de 0 ou mais atividades, sendo fácil calcular essa dependência através do grau do vértice. A execução realizada pelo operador do cenário de treinamento, representada pelo LOG de ações enviado pelo AGITO, é comparada com o plano de resposta estruturado. O processo pode ser resumido como uma busca em amplitude no grafo onde cada vértice visitado deve possuir um ação correspondente no LOG de ações realizada segundo a mesma condição de dependência temporal e transitória.

Todas as inconsistências, assim como a pontuação obtida pelo operador são registradas e devolvidas como resposta da avaliação. A pontuação calculada para o treinamento parte do princípio de criar um ambiente de recompensa e também competição baseado na gamificação (11) de sistemas convencionais proporcionando a experiência de jogador. A proposta é criar um vínculo emocional com a plataforma de treinamento e portanto promover a utilização saudável do mesmo.

Além da pontuação a coleção de erros cometidos (caso existam) é apresentada como resposta do avaliador, relacionado com as normas técnicas que poderão ser consultadas afim de tomar conhecimento dos procedimentos corretos. A proposta de apresentar os erros tem como base os preceitos da aprendizagem por reforço, onde a repetição de um determinado cenário após o conhecimento de alguns problemas, pode levar a criação de experiência e conhecimento por parte do usuário.

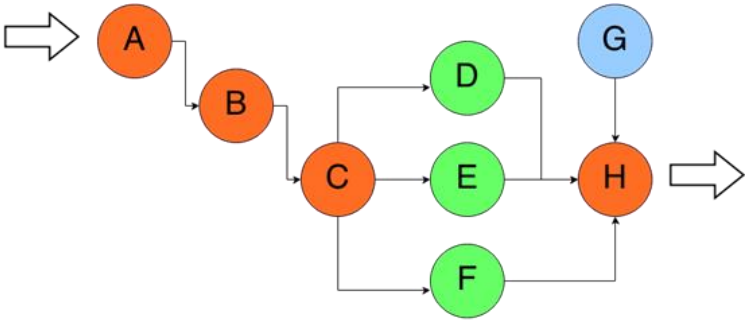

FIGURA 5 - Abstração de ações realizadas de maneira a gerar o plano de resposta. Em laranja estão ações sequenciais com dependência, em verde ações não sequenciais e em azul ações sequenciais sem dependência.

3.3 Modelo de Pontuação

Independente da solução proposta pelo Operador durante seu treinamento, esta terá uma avaliação que possui como resposta uma pontuação.

Verificou-se dois pontos principais para a criação da pontuação. No primeiro, somente um cenário realizado completamente correto é tido como resolvido. Se por acaso, o operador obteve 99% de respostas corretas, ele ainda sim terá que fazer novamente o cenário afim de conseguir 100% e assim completar o cenário de treinamento.

A segunda norma foi que todos os cenários de treinamento possuem um tempo limite para execução. Uma resposta correta, dentro do tempo limite de execução, deve ser destacada em relação a uma resposta correta, fora do limite de execução. E ainda, uma resposta correta, gerada no menor tempo, deve ainda ter destaque em relações a outras, como métrica de qualidade, experiência e destreza do operador.

Para cobrir as duas premissas, adotou-se a forma de pontuação onde são dadas duas pontuações. Uma em forma de percentual, variando de 0-100, conforme a quantidade de respostas corretas proporcionais informadas pelo operador. Vale destacar que dado a maneira como é avaliado as respostas do operador, caso um erro aconteça no

início do cenário de treinamento, este é propagado através das demais respostas, acumulando uma baixa pontuação devido as dependências que podem existir entre as ações que deveriam ser chamadas. Caso um erro aconteça em ações independentes, então este não é propagado através das demais ações, e não influencia proporcionalmente de maneira decisiva na pontuação.

A outra na forma de estrelas, variando entre 1 a 3, para aquelas respostas que além de estarem 100% corretas, foram realizadas num tempo inferior ao tempo limite da simulação. A Figura 6 apresenta um exemplo da interface visualizada pelo operador com as pontuações obtidas após o término da simulação.

FIGURA 6 - Tela de pontuação apresentada ao operador após a execução do cenário de treinamento

Quando um cenário é completado, ou seja a pontuação atinge 100%, começa a contagem de estrelas que vai variar em faixas. Caso o cenário tenha sido executado em até 50% do tempo limite, então ele receberá 3 estrelas. Caso seja executado em até 75% do tempo limite, 2 estrelas. E finalmente, caso tenha sido executado em até 100% do tempo limite, 1 estrela. Caso tenha extrapolado o tempo limite, embora concluído, esta solução não receberá estrelas.

O operador poderá acompanhar suas pontuações através do ranking que mostrará suas colocações para cada cenário simulado comparado com os outros operadores que já realizaram a mesma simulação.

O instrutor poderá acompanhar as pontuações de seus operadores em treinamento através das interfaces do Supervisor e avaliar qualitativamente o treinamento ao longo do tempo. A interface de estatísticas apresenta dentre outras informações a média de treinamento, conclusão correta de cenário além da precisão obtida em relação às tentativas.

6.0 - CONCLUSÃO

O treinamento de operadores corresponde uma importante atividade para a empresa de setor elétrico por se configurar uma prática que aumenta a capacidade de tomada de ações de seus funcionários que, melhor treinados, possuem mais autonomia. O conjunto destes fatores diminui o risco de incidentes e aumenta o valor agregado da companhia.

O AGITO é composto por uma coleção de componentes que tem a finalidade de complementar através de realidade virtual e supervisores automáticos, a visão de treinamento e simulação oferecida pela plataforma SIMULOP.

O AGITO-Supervisor por sua vez, tem como principal foco o aumento da disponibilidade do treinamento e automatização do processo de avaliação e acompanhamento dos operadores em treinamento. Sua produção foi idealizada em termos das filosofias de aprendizado por reforço e gamificação. Ambas utilizadas em jogos, correspondem hoje grandes áreas de pesquisa que tratam de como utilizar técnicas normalmente usadas na área de entretenimento para sistemas convencionais, corporativos, como um mecanismo de aumentar o interesse pela utilização destes sistemas. Dentro de seus objetivos, o mesmo disponibiliza interfaces para o operador e para o instrutor.

O instrutor tem o papel de informar os planos de respostas possíveis assim como acompanhar o treinamento de maneira qualitativa para, no momento certo, introduzir novas informações ou mesmo atualizar o operador. O operador por sua vez visualiza um sistema competitivo, no qual uma simulação pode ser iniciada a qualquer momento, independente da presença física do instrutor.

A simulação acontece através do ambiente gráfico que mapeia todo o ambiente real num ambiente virtual promovendo a sensação de imersão. Esta ainda se utiliza de um mecanismo educacional no qual o aluno constrói seu conhecimento através de experiências vividas sendo reforçadas pela bonificação no caso do acerto e pelo

instrução do correto no caso do erro. Ainda nessa visão, existe o ranking para criar uma competição sadia entre a capacidade de solução correta dos cenários de simulação.

Percebemos que o AGITO-Supervisor cumpre com os objetivos planejados, nos quais se encontram a capacidade de disponibilizar o treinamento a qualquer momento para o operador e de acompanhar o mesmo através da avaliação. Cabe ainda ressaltar que melhorias podem ser definidas, como por exemplo criar um complemento na forma de tutor onde no qual seja possível a instrução autonômica do Operador. Este tutor poderia ser acoplado a base de normas técnicas, a qual funcionaria como base de conhecimento.

Desta maneira o ambiente proposto provoca o auto treinamento, incorpora conceitos de gamification, estreita a relação da simulação com a situação real ao treinamento melhorando a capacidade de absorção. Conforme nosso conhecimento cresce ao longo das situações que experimentamos no ambiente virtual, também ganhamos habilidades na vida real. Crescendo com as simulações, nossos atributos pessoais estão avançando, e os ambientes virtuais nos ensinam a “evoluir”.

O ambiente virtual foi criado baseado nas plantas de instalações da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) e seus equipamentos foram modelados de maneira realista visando aumentar a imersão do operador durante a simulação.

Tais aspectos fazem com que a empresa se torne mais competitiva, pois ao mesmo tempo em que auxilia na carreira profissional dos colaboradores, também traz sucesso para si. E para nós integrantes do Centro de Operação de Sistema, estar atentos às necessidades de treinamentos e reciclagens, conhecer cada área e fazer a adequação do operador de sistema ao cargo e estimar seu crescimento tornou-se um dever. A partir dessa premissa, o diferencial não está apenas nos produtos que o Centro de Operação de Sistema oferece, mas também nas mãos e nas mentes que contribuem para o seu resultado final.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Marie-Laure Ryan. “Narrative as virtual reality: Immersion and interactivity in literature” (Johns Hopkins University Press, 2001)
(2) Pereira, Luiz AC, Lima, Luiz C, Silva, Antônio JRS, Machado, Paulo A, Amorim, Maria FP, Ayru Filho,LO, Azevedo, Gilberto P, Lambert, Nivaldo, Zarur, Pedro D e Tavares, Vladimir V. “SAGE - Um Sistema Aberto para a Evolução”. (CEPEL, 2014. Disponível em http://www.sage.cepel.br/arquivos/pdfartigos/eletroev.pdf)
(3) Como games podem te transformar num ser humano superior http://www.reinodocogumelo.com/2010/03;
(4) Muller, R. “Neurociência cognitive e a nossa realidade, artigo Sociedade Brasileira de Neurociência;
(5) KANDEL, E.R. et al.- Principles of Neural Science. 4ª ed.
(6) Oliveira, JJR, Lima, LC, Pereira, LAC, Sollero, RB, Leite, CRR, Muniz, RB, Costa, CAB, Cavalcante, MS, Carmo, UA e Araújo, AS. “Treinamento e certificação de operadores no sistema SAGE empregando o simulador EPRI/OTS” (SAGE – CEPEL, 2005, Disponível em http://www.sage.cepel.br/documentacao/artigos.html).
(4) Robert Belfort Muniz. “Funcionalidades do Simulador de Redes Elétricas EPRI-OTS e Sua Utilização Para Treinamento de Operadores na Chesf” (Manual, CHESF/DOS/DOMO – 2004)
(5) Stephen Lee. “Generic PowerSimulator with EPRI OTS Scenarios”. (Manual, EPRI, 2003)
(6) Ribeiro, T. R., Reis, P. R. J., Júnior, G. B, Paiva, A. C., Silva, A. C., Maia, I. M. O. e Araújo, A. S. “AGITO: Virtual Reality Environment For Power Systems Substations Operators Training”. (Anais do 1 International Conference on Augmented and Virtual Reality, Lecture Notes in Computer Science, 2014)
(7) Creighton, Ryan Henson. “Unity 3D Game Development by Example”. (Packt Publishing Ltd, 2010)
(8) Kapp, Karl M. “The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education” (John Wiley & Sons, 2012).

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Antônio Sérgio de Araújo*. Nasceu em Recife - PE, Brasil. Graduou-se em Engenharia Elétrica pela UFPE em 2000. Graduou-se em Psicologia pela UNICAP em 1989, pós-graduado em Psicologia Organizacional pela UNICAP em 1992. Especialização em Sistemas Elétricos de Potência pela UFPE em 2002. Atualmente é supervisor da operação do sistema no Centro de Operação de Sistema – COS da CHESF, coordenando a área de pré-operação.

Anselmo Cardoso de Paiva, nasceu em São Luís-MA, Brasil. Graduou-se em Engenharia Civil pela UEMA em 1990, obteve em 1993 o grau de Mestre em Engenharia Estrutural pela PUC-RJ. Em 2001 recebeu o título de Doutor em Informática pela PUC-RJ. Membro fundador do NCA-UFMA onde atua nas áreas de GIS, processamento e análise de imagens médicas e Realidade Virtual e Aumentada.

Geraldo Braz Junior, obteve doutorado na Universidade Federal do Maranhão, Brazil, 2014. Atualmente é professor da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Brazil, na qual leciona visão computacional, linguagem de programação e engenharia de software. Os interesses de pesquisa incluem visão computacional, processamento de imagens, aprendizado de máquina e realidade aumentada.

Ivana Marcia Oliveira Maia, Nascida em São Luis -MA em 1964, Doutora em Engenharia Mecânica UFU Professora Titular do Instituto Federal do Maranhão, Graduada em Desenho Industrial pela Universidade Federal do Maranhão (1986), Formação Pedagógica para Docentes pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Maranhão (2000), Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2008)
Doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Uberlândia (2014).

Jozimar Ferreira Durand, nascido em Recife – PE em 1971, aluno de gradiuação em Sistema da Informação na Faculdade Estácio, Recife – PE, Atualmente é supervisor da operação do sistema na pré-operação do Centro de Operação da CHESF.

Daniel Lima Gomes Júnior, nasceu em São Luís-MA, Brasil. Graduou-se na Universidade Federal do Maranhão em 2008 e obteve o título de Mestre em Engenharia de Eletricidade pela mesma universidade em 2010. Atualmente é aluno de doutorado em Engenharia de Eletricidade pela UFMA.

Caio Eduardo Falcão Matos, Nascido em São Luis-MA em 27/03/1990, Mestre em Ciência da Computação (2017) - Universidade Federal do Maranhão UFMA, Graduação em Ciência da Computação (2014) - Universidade Federal do Maranhão UFMAPaulo Jansen dos Reis, Nascido em Sào Luis-MA em 1987, Mestre em Ciência da Computação (2015) – UFMA Graduação em Ciência da Computação (2012) - UFMA.

Paulo Roberto Jansen dos Reis. Graduou-se na Universidade Federal do Maranhão em 2012 e obteve o título de Mestre em Engenharia de Eletricidade pela mesma universidade em 2015.