Desenvolvimento de Sistema de Treinamento em Proteção de Sistemas Elétricos em Ambiente Virtual de Aprendizagem

G. C. Barroso, UFC, R. F. Sampaio, Coelce, J. M. Soares, CEFET-Ce, H. Bezerra, UFC, R. P. S. Leão, UFC e E. B. Medeiros, Coelce

***Resumo*-A política de racionalização da gestão de recursos humanos das empresas concessionárias de energia elétrica provocou nos últimos anos dificuldades de liberação de pessoal para participar de cursos de capacitação. Com o objetivo de dar suporte às atividades de formação e treinamento, antes tradicionalmente presenciais, Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), tais como Teleduc, Moodle e AulaNet, vêm sendo continuamente desenvolvidos, testados e aplicados em cursos a distância. Este trabalho apresenta um sistema desenvolvido para treinamento presencial e a distância de profissionais da área de operação e proteção de sistemas elétricos. A ferramenta proposta desenvolvida no ambiente Teleduc oferece módulos com conteúdo de formação teórica no domínio específico e um simulador capaz de representar situações realísticas, projetado para o treinamento de engenheiros e técnicos do setor elétrico. A integração do simulador à interface do Teleduc para operação remota e compartilhada representa um avanço do processo ensino-aprendizagem do ensino tecnológico e profissional a distância.**

***Palavras-chave*—Simulador de Sistema de Potência, Ambiente Virtual de Aprendizagem, Proteção de Sistemas Elétricos.**

I. Introdução

A constante evolução tecnológica dos sistemas de controle e proteção tem proporcionado melhoria na segurança e confiabilidade dos sistemas elétricos de potência. Em contrapartida, para acompanhar a velocidade das mudanças, garantindo a segurança e a confiabilidade dos sistemas elétricos, as empresas de energia elétrica necessitam de profissionais qualificados, devendo para isto investir na capacitação e atualização continuada de seus profissionais próprios e terceirizados. No entanto, na conjuntura atual, as empresas se deparam com a dificuldade de liberação de pessoal para participar de treinamentos. Estes fatores têm conduzido à busca de solução que venha a atender tais demandas, mantendo a qualidade do processo de formação continuada.

O desenvolvimento na área de 'Tecnologia de Informação e Computação' tem permitido que novas formas de treinamento sejam desenvolvidas, com recursos necessários a um treinamento com qualidade ao mesmo tempo em que se adequa às políticas atuais de racionalização da gestão de recursos humanos das empresas.

Com o objetivo de dar suporte às atividades de formação e treinamento, antes tradicionalmente presenciais, diversos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs), tais como o Teleduc[1] e o Moodle[2], vêm sendo continuamente desenvolvidos, testados e aplicados em cursos a distância. Os AVAs, em geral, oferecem um conjunto de ferramentas para a realização desses cursos, que, combinadas ou isoladas, permitem melhor convivência de aprendizes e tutores com as dimensões críticas impostas pelo distanciamento físico e temporal de ambiente de ensino não presenciais [1]. Tais dimensões críticas acentuam-se ainda mais quando o contexto do processo ensino-aprendizagem é o Ensino Tecnológico e Profissional a Distância (ETD). O ensino tecnológico, mesmo quando presencial, exige muitos recursos, com desenvolvimento de tarefas e ensaios práticos com equipamentos de diversos níveis de sofisticação e custos. O uso de ferramentas virtuais, como laboratórios e simuladores, tem sido uma alternativa de redução de custos para a instituição de ensino, e de maior alcance quando disseminadas pela Internet [2]. Neste sentido, alguns laboratórios virtuais e remotos vêm sendo aprimorados a cada dia, apresentando resultados cada vez mais satisfatórios. Assim, no contexto do Ensino Tecnológico a Distância, é desejável que os AVAs possam ser complementados por simuladores ou por laboratórios Virtuais [1], o que, na prática, não ocorre com freqüência.

Este artigo tem por objetivo apresentar um sistema desenvolvido para treinamento presencial e a distância de profissionais da área de operação e proteção de sistemas elétricos. A ferramenta proposta foi desenvolvida no ambiente Teleduc e oferece módulos com conteúdo de formação teórica no domínio específico e um simulador capaz de representar situações realísticas, projetado para o treinamento de engenheiros e técnicos do setor elétrico e estudantes de engenharia.

Este trabalho foi apoiado pela Companhia Energética do Ceará– Coelce.

G.C. Barroso é professor doutor e trabalha na Universidade Federal do Ceará – UFC (e-mail: gcb@fisica.ufc.br).

R.F. Sampaio é mestre e trabalha na Companhia Energética do Ceará - Coelce (e-mail: rfurtado@ coelce.com.br).

J.M. Soares é professor doutor e trabalha Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará - CEFET-CE (e-mail: marques@cefetce.br).

H. Bezerra é engenheiro e mestrando da Universidade Federal do Ceará - UFC (e-mail: hamurabi.bezerra@eln.gov.br).

R.P.S. Leão é professora doutora e trabalha na Universidade Federal do Ceará – UFC (e-mail: rleao@dee.ufc.br).

E.B. Medeiros é engenheiro e especialista, e trabalha na Companhia Energética do Ceará - Coelce (e-mail: eudes@coelce.com.br).

[1] Informações sobre o projeto Teleduc estão disponíveis em <http://hera.nied.unicamp.br/teleduc>

[2] Informações sobre o Moodle estão disponíveis em < http://moodle.org>

A seguir é apresentada a Seção II que discute as limitações dos AVAs no que concerne à oferta de ferramentas para domínios específicos, sendo realizada também uma reflexão sobre os aspectos relativos à limitação da percepção dos usuários durante colaborações a distância. A Seção III discute os mecanismos de extensão de AVAs para a inclusão de novas ferramentas. A Seção IV apresenta a extensão do Teleduc através de uma ferramenta que permite o acesso remoto a aplicações de interface monousuária e seu compartilhamento em cenários colaborativos para treinamentos a distância. A ferramenta de acesso remoto foi utilizada para integrar um simulador para treinamento de proteção e operação de sistemas elétricos ao Teleduc. O Simulador e as possibilidades de colaboração a distância com a integração da nova ferramenta ao ambiente virtual são apresentados na Seção V. Finalmente, as conclusões e perspectivas são expostas na Seção VI.

II. Limitações dos AVAs para a Formação Profissional e Tecnológica a Distância

As restrições espaço-temporais inerentes aos cursos realizados à distância impõem restrições às funções sensoriais dos colaboradores distantes. Estas restrições limitam a percepção plena do ambiente de compartilhamento e das ações realizadas mutuamente por usuários remotos.

Com o objetivo de reduzir as limitações sensoriais e permitir a inter-relação entre usuários distantes, os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) disponibilizam ferramentas síncronas e assíncronas para a comunicação que, na maioria das vezes, é realizada através de texto ou alguma combinação de texto com imagens.

Embora uma enorme gama de recursos de comunicação faça cada vez mais parte do dia-a-dia de usuários de computadores, o fato de um ambiente virtual disponibilizar um conjunto de ferramentas para esse fim não garante um ambiente completamente adequado ao processo ensino-aprendizagem.

Freqüentemente, os projetistas e desenvolvedores de AVAs buscam aumentar a percepção através da adição de elementos de interface, de maneira que estes possam indicar o status do usuário ou das ferramentas que lhe são disponibilizadas.

No contexto do Ensino Tecnológico a Distância (ETD), devido à grande necessidade de atividades práticas, a adaptabilidade e a extensibilidade são características de vital importância para os AVAs [1]. Ademais, a percepção mútua da presença e das ações de usuários distantes representa um elemento de particular importância a ser considerado no projeto de ambientes de colaboração a distância. Para um tutor ou professor em sua atividade de coordenação, por exemplo, é determinante saber quem está executando uma operação sobre um objeto compartilhado e o que ele está fazendo. Em um ambiente de colaboração, é através dos elementos perceptivos que os membros do grupo conseguem identificar inconsistências em seu raciocínio e interagir de maneira a trocar informações e referências para auxiliar na resolução de problemas. Entretanto, não é possível ao projetista definir *a priori* quais elementos de percepção são adequados e suficientes, tratando-se de um processo contínuo e experimental a adaptação desses às necessidades dos usuários dos ambientes virtuais [3].

III. Extensão dos AVAs

Projetar novos AVAs que atendam a especificidades de um determinado domínio representa, na maior parte das vezes, um grande esforço de reconstrução de ferramentas que já foram desenvolvidas e consolidadas. Por outro lado, a adaptação destes ambientes às necessidades particulares de novos contextos pode significar um grande reaproveitamento de código, freqüentemente testado à exaustão. Neste sentido, a adição de algumas ferramentas ou a modificação de outras pode atender de maneira satisfatória a novas necessidades oriundas da utilização do ambiente virtual em domínios particulares. Todavia, a viabilidade de realização destas modificações depende da abertura do código fornecido pelos desenvolvedores e, adicionalmente, do nível de complexidade para efetuá-las, medida em esforço de programação e em expertise necessária aos membros da equipe. Em alguns casos, modificar uma parte de um código pode representar um esforço maior do que desenvolvê-lo do princípio. Não sendo possível decidir a melhor solução *a priori*, esta reflexão caberá à equipe de desenvolvimento encarregada de realizar as devidas modificações.

Essa experiência foi vivida durante a execução deste projeto, cujo objetivo é a implantação de uma solução para treinamento a distância em proteção e operação de sistemas elétricos em uma empresa concessionária de distribuição de energia elétrica cearense (Coelce). Inicialmente, imaginou-se o desenvolvimento de uma solução completa, onde seriam construídos além de um conteúdo teórico com base em textos e imagens, também simuladores necessários ao tipo de treinamento e o conjunto de ferramentas de apoio à comunicação encontrado freqüentemente nos AVAs. Na ocasião, decidiu-se pelo reaproveitamento da estrutura fundamental e das ferramentas já existentes nos AVAs e pela concentração de esforços na construção dos módulos neles inexistentes. Alguns AVAs foram analisados, sendo o Teleduc e o Moodle as plataformas escolhidas por serem amplamente utilizadas e aceitas, inclusive nas instituições participantes do projeto em que o presente trabalho é contextualizado. Além disso, optou-se por uma arquitetura que minimizasse a dependência de uma única plataforma, onde os simuladores, representando as ferramentas de domínio específico, pudessem ser agregados ao ambiente através de conectores ou *plugins*.

Neste trabalho, é exemplificada a extensão do Teleduc com uma ferramenta de domínio específico. A escolha desse ambiente levou em conta a simplicidade de sua interface, sua ampla utilização em diversas organizações e ao fato de ser uma plataforma de código aberto desenvolvida no Brasil. Contudo, a integração de ferramentas com a técnica aqui apresentada não depende de uma plataforma específica, podendo ser igualmente realizada ao Moodle usando suas próprias ferramentas disponibilizadas para tal finalidade.

IV. Extensão do Teleduc para o Ensino Tecnológico

As ferramentas disponíveis para tutores e alunos no Teleduc são aquelas apresentadas em destaque no frame esquerdo ilustrado na Figura 1.

Figura 1. Indicação do grupo de ferramentas acessíveis pelo Teleduc.

Para incluir uma nova ferramenta no menu do Teleduc, nenhuma linha do código precisa ser modificada, sendo necessária apenas a inserção de algumas tuplas em algumas tabelas do banco de dados da plataforma, cujo gerenciador é o MySQL. Para cada curso inserido no ambiente, um novo banco de dados é criado. Entretanto, os dados comuns são armazenados em um banco de dados chamado "Teleduc". É este banco que precisa ser atualizado para a inclusão de novos recursos no ambiente. As tabelas envolvidas são a tabela `Menu`, que contém o código das ferramentas apresentadas no Menu do Teleduc, a tabela `Ferramentas`, que contém o código, o nome e a descrição da ferramenta, além de sua localização, e a tabela `Lingua_Texto`, que contém os textos relativos a cada ferramenta apresentados nas janelas de navegação do Teleduc.

Além da inclusão dos registros relativos à nova ferramenta, é necessária a criação do diretório em que ela é armazenada. Esse diretório deve possuir o nome da ferramenta e conter um arquivo com este mesmo nome e com a extensão `.php`. Dentro desse arquivo pode ser inserido o código específico à nova ferramenta, incluindo o redircionamento para páginas que incluam tecnologias alternativas ao php. Caso seja necessário o acesso ao banco de dados, o desenvolvedor deve estudar as tabelas do Teleduc e as relações entre as mesmas. Todo este procedimento pode ser efetuado de maneira automática.

Foi então desenvolvido um aplicativo em Java que opera, via JDBC (*Java Database Connectivity*), as devidas modificações na base de dados, além de instalar os demais recursos necessários à inclusão da nova ferramenta.

A. *Incompatibilidade de Tecnologias na Integração de Ferramentas aos AVAs*

Um problema adicional que pode se apresentar para desenvolvedores que precisem agregar aos AVAs ferramentas previamente existentes é a incompatibilidade das tecnologias do próprio AVA e da ferramenta a ser integrada. Alguns simuladores são desenvolvidos em C, Delphi ou outras linguagens, enquanto que os AVAs são, em sua grande maioria, baseados em tecnologia Web, usualmente construídos com PHP ou Java. Neste projeto, foi necessário decidir entre desenvolver desde o início um simulador escrito em Java, ou adaptar o simulador já existente escrito em Delphi (descrito na Seção V) ou adaptar o sistema existente. Para tomar uma decisão desta natureza, é necessário considerar o volume de re-codificação necessário, o tempo existente para o projeto e a expertise dos desenvolvedores envolvidos.

Optou-se pela adaptação do simulador escrito em Delphi, assim, foi projetada uma solução para que se pudesse acessar o simulador remotamente usando o sistema VNC (*Virtu*

Figura 2. Interface da ferramenta de acesso remoto.

al Network Computing). O VNC é um sistema cliente servidor que permite o acesso à interface gráfica a partir de um computador remoto, permitindo ainda o compartilhamento deste acesso [4]. A ferramenta desenvolvida agrega funcionalidades para a gestão do acesso ao computador remoto, além de integrar mecanismos de comunicação e colaboração, como apresentado nas próximas subseções.

B. Interface da Ferramenta de Acesso Remoto

A interface da ferramenta para o tutor é apresentada na Figura 2. A interface do aluno difere apenas do Painel de Liberação de Recursos, passando a se chamar Painel de Solicitação de Recurso, apresentado na Figura 2 à direita.

Os elementos da Interface são descritos a seguir:

– *Painel da Aplicação* – Corresponde a interface do computador remoto, que executa a aplicação compartilhada por tutores e alunos. O acesso a esta região é mediado pelo tutor, podendo ele atribuir ou retirar o direito de acesso a um único aluno por vez.

– *Barra de Ferramentas* – Contém os botões que atuam sobre o Painel da Aplicação, com opções de pan, de *zoom in* e de *zoom out*.

– *Painel do Chat* – Área onde podem ser trocadas mensagens entre usuários e tutores durante a colaboração. Quando o Painel da Aplicação é apresentado em tela cheia, o *chat* é transportado para uma janela suspensa.

– *Lista de Usuários Conectados* – Nesta parte da interface pode-se ver a lista de usuários conectados à aplicação.

– *Painel de Liberação de Recursos* – Neste painel, o tutor observa os pedidos de liberação de acesso à aplicação remota. Quando o aluno requisita acesso, seu nome é apresentado na lista de usuários que estão aguardando a liberação da ferramenta. Na caixa de texto *status*, é apresentado o nome do aluno que detém o direito de acesso no momento. Este painel não existe na interface do aluno, sendo substituído pelo Painel de Solicitação de Recursos, como mostrado na Figura 2.

A interface apresenta flexibilidade suficiente para a agregação de novos componentes. Pode-se trabalhar, por exemplo, com múltiplas instâncias do VNC na mesma interface, permitindo o acesso simultâneo a diferentes aplicações remotas em localizações distintas. Além de aplicações remotas, é possível o trabalho colaborativo usando janelas de vídeo ou imagens digitais. Em qualquer situação, o usuário escolhe qual a aplicação que deve ser colocada em evidência no Painel da Aplicação.

C. Distribuição dos Componentes do Sistema

Os componentes da arquitetura utilizada são distribuídos como ilustrado na Figura 3. Os usuários, que são os tutores e alunos, usando um navegador, acessam o Servidor WEB em que é instalado o Teleduc. Neste servidor, além do próprio Servidor Web, se encontram em execução um Servidor de Mensagens de Controle, responsável pela comunicação por texto e controle de acesso à aplicação compartilhada, e um Refletor VNC, que faz a intermediação da comunicação com a aplicação compartilhada (*proxy*).

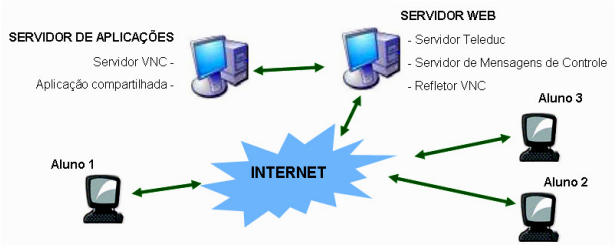

Figura 3. Distribuição dos componentes da arquitetura.

O Servidor de Mensagens de Controle é um *servlet* que pode ser acionado remotamente e permite a configuração dos IPs e das portas usadas pelo ambiente. A interface para esta configuração é construída em JSP (*Java Server Pages*).

No Servidor de Aplicações, encontra-se em execução um Servidor VNC e a Aplicação a ser Compartilhada a partir da interface do AVA. Na arquitetura proposta, o Servidor de Aplicações pode estar situado na mesma rede local que o Servidor Web e configurado com um IP falso.

Toda a dinâmica de uma sessão síncrona entre tutores e alunos pode ser gravada na maquina do Servidor WEB. Para isso, utiliza-se o programa[3] vnc2swf, que foi desenvolvido a partir do código do TightVNC. Esse programa executa em ambiente Linux e funciona como um cliente VNC adaptado, capturando e codificando as imagens do *desktop* remoto em forma de vídeo.

Paralelamente, toda a comunicação estabelecida entre os clientes remotos pode ser igualmente registrada pelo Servidor de Mensagens de Controle. Em conjunto com o vídeo gerado pelo vnc2swf, é possível reconstituir a qualquer tempo as sessões que foram registradas anteriormente.

V. Sistema de Treinamento em Operação e Proteção de Sistemas de Potência

O sistema de treinamento presencial e a distância na área de domínio em operação e proteção de sistemas elétricos de potência oferece cursos de formação com exercícios associados ao conteúdo teórico e um simulador para prática de situações vivenciadas em campo.

Foram desenvolvidos dois cursos para embasamento teórico com quatro módulos cada, como seguem:

– Curso 1 – Fundamentos sobre Sistemas Elétricos
  Módulo 1 – Introdução a Sistemas Elétricos
  Módulo 2 – Subestação de Energia Elétrica
  Módulo 3 – Equipamentos Elétricos
  Módulo 4 – Fenômenos Elétricos
– Curso 2 – Proteção de Sistemas Elétricos
  Módulo 1 – Fundamentos de Proteção
  Módulo 2 – Relés de Proteção
  Módulo 3 – Evolução dos Relés de Proteção
  Módulo 4 – Automação de Subestação.

Alguns simuladores para treinamento a distância em em-

[3] Informações e o programa vnc2swf podem ser obtidos em <http://www.unixuser.org/~euske/vnc2swf/ >

presas de energia elétrica têm sido desenvolvidos. Dentre eles, podemos citar a experiência da Companhia Energética de São Paulo (CESP) no treinamento a distância de operadores com infotecnologias e recursos da WEB na era da cibercultura [5], a experiência da Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista (CTEEP) no treinamento de operadores de subestações e despachantes utilizando simulador de treinamento para operação de sistemas elétricos [6] e a experiência de Furnas com o simulador para treinamento de serviço auxiliar de corrente alternada da usina de Marimbondo [7]. Nenhuma referência é encontrada, entretanto, sobre simuladores voltados à proteção de sistemas elétricos, constituindo-se em uma contribuição do presente trabalho.

O Simulador para Treinamento de Proteção e Operação de Sistemas Elétricos (STPO) tem como objetivo atuar como ferramenta de suporte para a capacitação e treinamento de profissionais na área de proteção de sistemas de distribuição de energia elétrica. O STPO é um software composto de um diagrama unifilar sistêmico contendo os componentes de proteção, tais como disjuntores, religadores, transformadores e relés. Através do diagrama unifilar é possível realizar simulações sobre vários aspectos de uma rede elétrica e de uma subestação. O sistema permite especificar correntes nominais e de curto circuito dos elementos do sistema, especificar equipamentos, calcular ajustes das funções de proteção, configurar seletividade lógica, selecionar grupos de ajustes e falha de equipamentos, simular faltas e falhas de equipamento e verificar a coordenação entre as proteções.

A. *Interface do Simulador STPO*

A tela inicial do STPO é mostrada na Figura 4. No simulador, é apresentado um diagrama unifilar de proteção de uma subestação padrão Coelce de 69-13,8kV[4]. A Figura 5 mostra o diagrama unifilar da subestação com seus respectivos equipamentos de proteção e operação que podem ser configurados com valores reais e testados através das simulações.

Figura 4. Tela inicial do STOP.

[4] Coelce, Critérios de projeto Padrão. CP-011/2003 Subestação de distribuição aérea e semi-abrigada 72,5-15 kV.

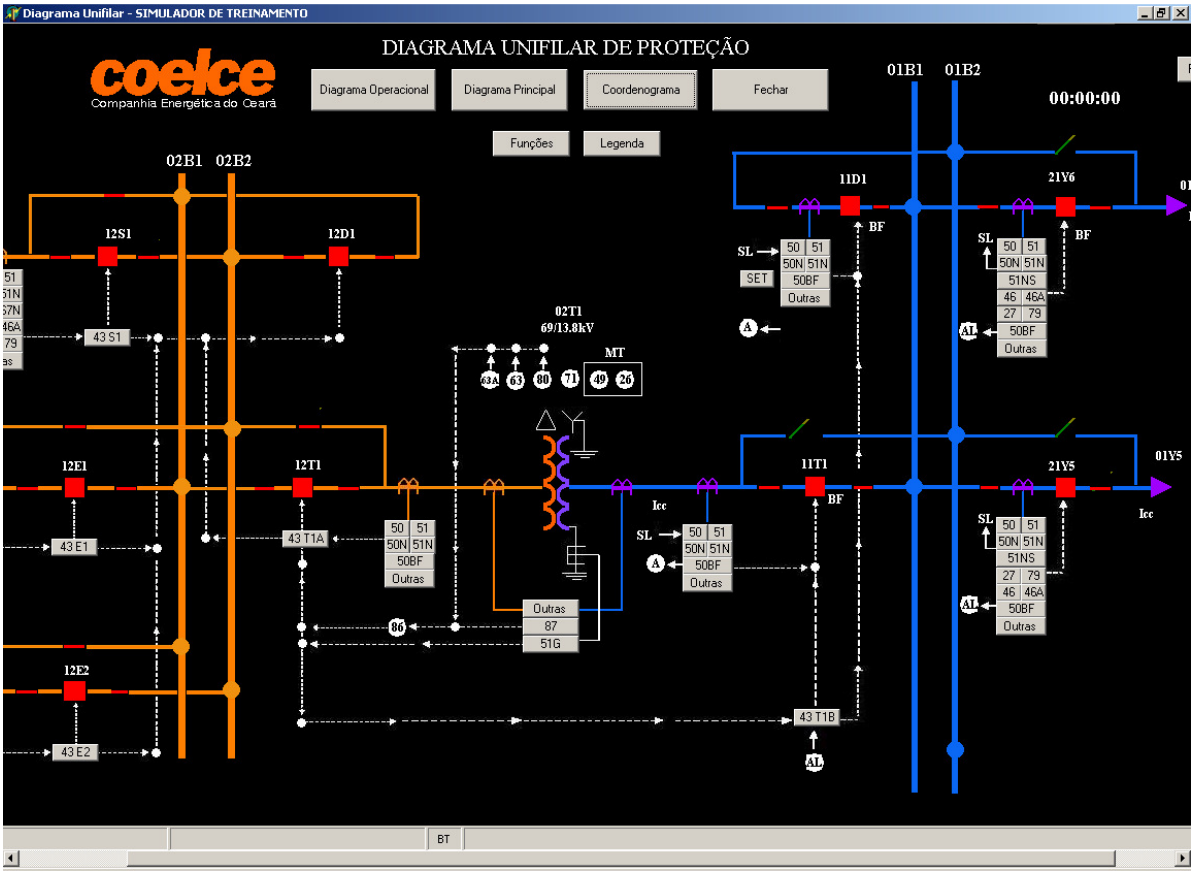

Figura 5. Diagrama unifilar de subestação.

B. Recursos e Funções do STPO

A seguir são apresentadas algumas funções que o STPO dispõe para simulações no sistema elétrico, necessárias à consolidação e validação dos conhecimentos do aluno:

– *Geração de faltas em alimentadores com efeitos visuais indicativos de curtos-circuitos.* Neste sistema somente faltas monofásicas e trifásicas foram consideradas por serem as faltas normalmente utilizadas para cálculo dos ajustes das proteções pelas concessionárias de energia elétrica.

– *Especificação da relação nominal dos transformadores de corrente (RTC) pelo usuário com validação da especificação*. No processo ativo de aprendizado, o usuário deve selecionar, dentre um conjunto previamente armazenado, a relação de transformação para o transformador de corrente - RTC. Por meio de uma tela, ilustrada na Figura 6, o usuário pode escolher a RTC e em seguida clicar no botão "Dimensionamento do TC" para obter o retorno do STPO, verificando se a RTC definida está especificada corretamente ou não.

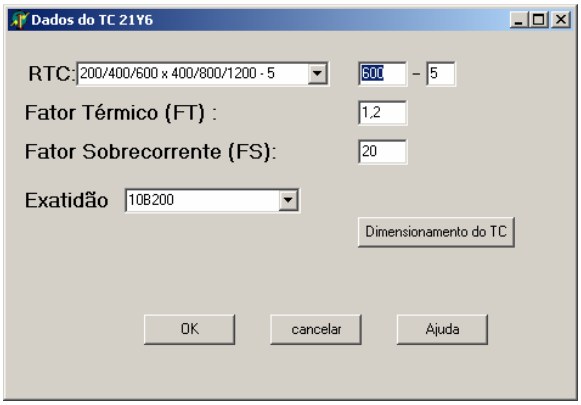

Figura 6. Dados do transformador de corrente do relé 21Y6.

– *Especificação dos relés multifunção de cada vão da subestação, com suas respectivas funções de proteção, baseado no padrão de subestação da Coelce.*

– *Implantação de critérios de ajustes e métodos de cálculo de cada função de proteção*. Na Figura 7 é apresentada uma janela de cálculo referente ao ajuste de proteção da função 51 (sobrecorrente de fase temporizado).

– *Simulação da atuação das funções de proteção, com a abertura dos disjuntores associados de acordo como o local e o tipo de falta simulada como demonstrado na Figura 8.*

– *Escolha e simulação dos grupos de ajustes de relés.* Nesta função, o grupo de ajuste associado ao disjuntor de transferência pode substituir qualquer um dos religadores dos alimentadores ou o disjuntor geral do barramento. Esta função surgiu nos relés com o advento dos relés microprocessados.

– *Simulação das funções de seletividade lógica*. É possível ativar a função seletividade lógica dos relés dos alimentadores e do relé associado ao disjuntor geral. Esta função surgiu com o advento dos relés microprocessados e visa o uso de funções de sobrecorrente instantânea associada ao disjuntor geral da barra, antes desativadas nos relés eletromecânicos. Quando a falta no alimentador proporciona a atuação da função instantânea do relé, a função seletividade lógica bloqueia a atuação da função instantânea do relé associado ao disjuntor geral do barramento.

– *Geração de coordenograma das proteções*. O STPO permite, após a definição das curvas e ajustes dos relés de sobrecorrente, gerar um coordenograma, conforme é mostrado na Figura 9, através do qual o usuário pode verificar se as proteções estão coordenadas ou não.

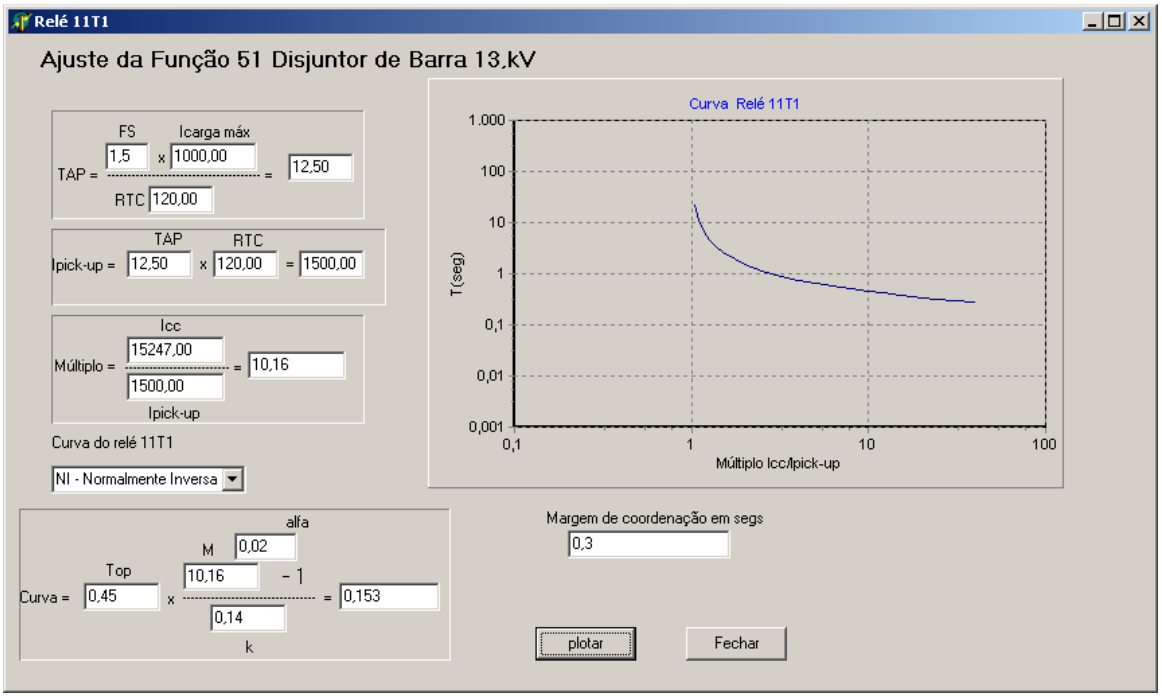

Figura 7. Ajuste da função 51 de fase do relé 11T1.

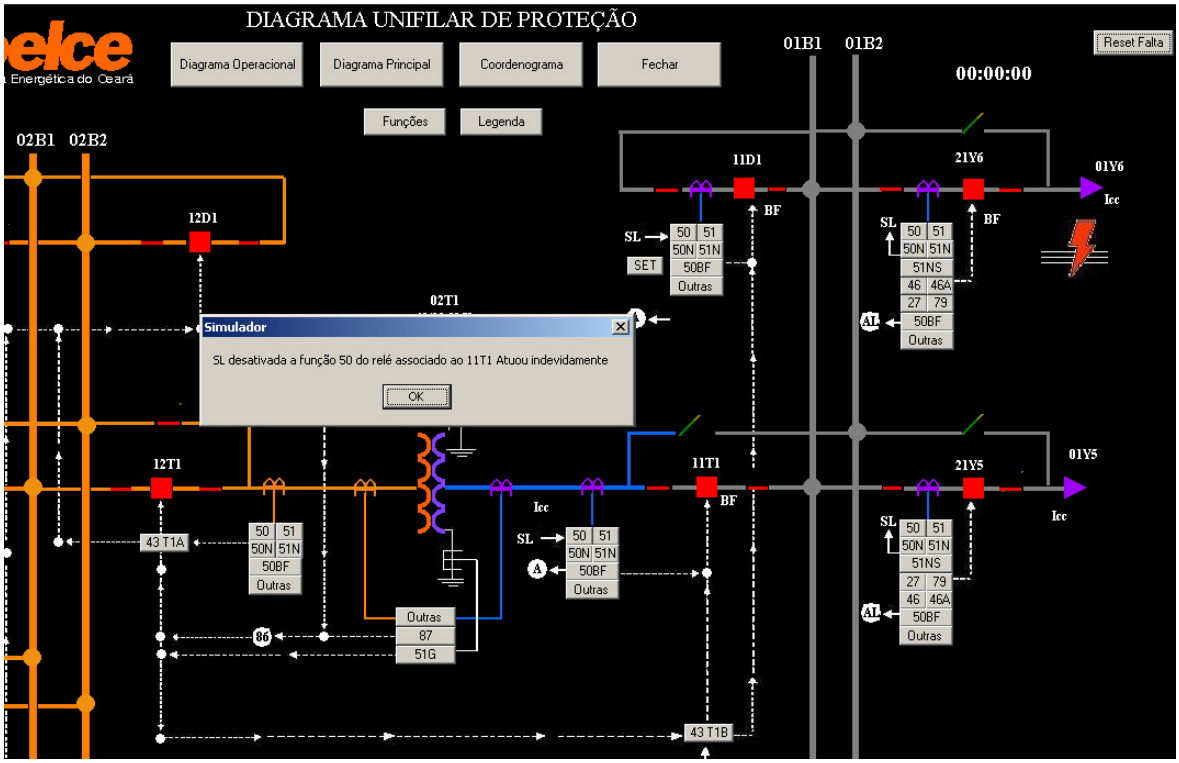

Figura 8. Tela gráfica com indicação de cores dos objetos.

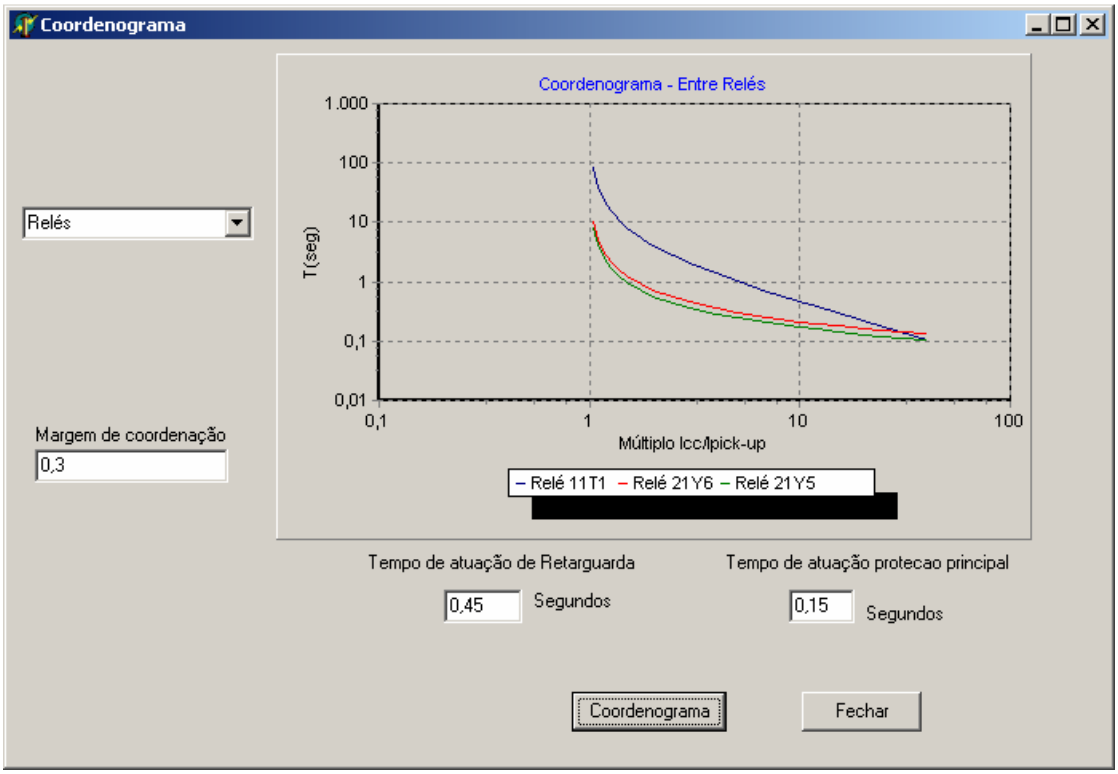

Figura 9. Coordenograma entre relés.

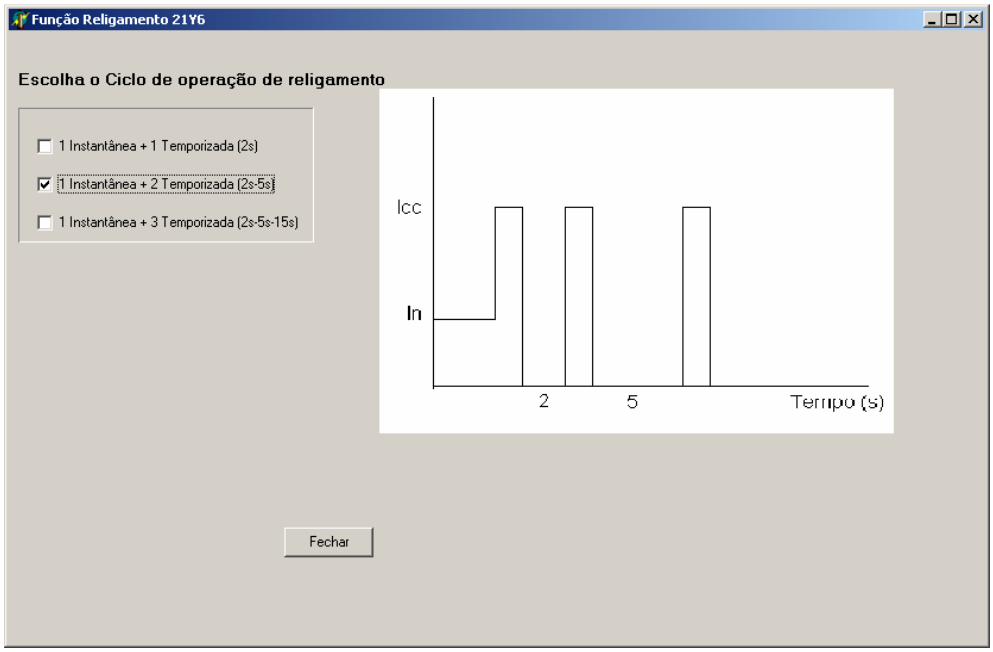

Figura 10. Tela de escolha do ciclo de religamento do religador.

– *Simulação da função religamento*. Escolhendo-se a função adequada, pode-se selecionar o ciclo de religamento dos religadores e verificar a seqüência de abertura e fechamento do religador através de efeitos visuais de mudança de cores e mensagens. A Figura 10 mostra a tela com as opções de ciclo de religamento com seus respectivos gráficos de tempo de atuação.

C. Integração do STPO ao Teleduc através da Ferramenta de Acesso Remoto

Sendo um exemplo de aplicativo de domínio específico, o STPO não é uma ferramenta disponibilizada no Teleduc ou em qualquer outro AVA conhecido. Assim, sua integração ao Teleduc foi realizada através da Ferramenta de Acesso Remoto, apresentada na Seção IV, expandindo sua interface para o uso remoto e para o compartilhamento entre usuários fisicamente dispersos.

O STPO foi desenvolvido em Delphi e sua interface foi concebida para o uso individual, podendo ser usada pelo professor para simples apresentação ou pelos próprios alunos para desenvolvimento de atividades individuais, o que requer uma instalação do simulador em uma máquina diferente para cada aluno. Devido a essas características, para integrar o STPO ao Teleduc, seria necessário passar por uma re-engenharia, visando não só a sua adaptação ao acesso remoto, como também mudanças estruturais para o uso colaborativo por usuários fisicamente distantes entre si.

O STPO e a Ferramenta de Acesso Remoto combinados representam uma poderosa ferramenta didática. Nesta nova perspectiva, o professor pode interagir com os alunos simulando situações e proporcionando a estes a consolidação dos conhecimentos relacionados à subestação, proteção, equipamentos e controle e automação de sistemas elétricos.

Em uma situação real o tutor pode simular uma falta no sistema, apresentando a atuação de relés e a abertura de disjuntores. Em seguida, o direito de acesso pode ser transferido para um aluno a fim de que o mesmo possa re-configurar o sistema de forma correta. Neste caso, todos os alunos podem interagir pelos recursos de comunicação disponíveis, tal como o *chat*, dando sugestões e/ou corrigindo os possíveis erros.

É importante frisar que a simples oferta de ferramentas de comunicação a distância não garante o aumento da colaboração se não existe uma cultura de compartilhamento do conhecimento nas organizações [8]. O acesso a simuladores e aplicações de maneira síncrona e coordenada por um tutor pode representar um importante passo para a implantação dessa cultura, viabilizando a realização a distância de algumas atividades como demonstrações, proposições de tarefas e avaliações.

VI. Considerações Finais e Perspectivas

Neste trabalho foi apresentado o desenvolvimento de um sistema para capacitação presencial e a distância de profissionais na área de proteção e operação de sistemas elétricos. Além do embasamento teórico apresentado em módulos, com atividades de exercício e de avaliação, o sistema de capacitação oferece um simulador para treinamento da proteção e operação. O STPO é uma ferramenta capaz de simular situações reais, proporcionando um ambiente de ensino-aprendizado a distância eficaz, e que atende às necessidades de qualificação de pessoal de operação e proteção, melhorando a segurança nas atividades diárias desenvolvidas nas empresas do setor elétrico.

O STPO e a Ferramenta de Acesso Remoto apresentados neste trabalho, além de viabilizar o acesso a uma ferramenta de domínio específico concebida para cenários externos aos ambientes virtuais de aprendizagem, oferecem um suporte relevante à percepção mútua das ações efetuadas entre usuá-

rios distantes, o que é estimulado não só pela troca de mensagens síncronas através do *chat*, mas pelo acompanhamento da dinâmica do compartilhamento de um mesmo aplicativo, identificando o status de cada participante e permitindo a análise da interação do usuário ativo sobre a aplicação compartilhada a cada instante. A ferramenta propõe, dessa maneira, o "estar junto virtual" [9], onde as interações do aprendiz podem ser acompanhadas e assessoradas de maneira colaborativa por todos, permitindo ainda ao tutor propor tarefas que auxiliem na atribuição de significado à atividade em desenvolvimento. As interações com o simulador, integradas aos mecanismos de comunicação fornecidos pela ferramenta e aos demais recursos oferecidos pelo AVA, permitem ao aprendiz aplicar, transformar e buscar outras informações, construindo seu conhecimento.

O desenvolvimento de uma ferramenta para treinamento a distância na área de operação e proteção de sistemas elétricos de potência é parte das atividades de projeto de P&D aprovado pela Companhia Energética do Ceará (COELCE) e pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

VII. Referências bibliográficas

[1] J. M. Soares, A. B. Serra, A. M. B. Oliveira, G. C. Barroso. "Análise das Dimensões Críticas da Educação a Distância como base para a Especificação de Um Sistema de Gestão", *In Anais do XXVII Seminário Integrado de Software e Hardware*, CD-ROM, 2001.

[2] M. A. Mendes. "Ferramentas Virtuais na Educação Tecnológica a Distância: o caso dos Laboratórios Virtuais e Softwares de Simulação", Dissertação de Mestrado, Universidade de Santa Catarina, 2001.

[3] M. A. Gerosa, H. Fuks, C. J. P. Lucena, "Suporte à Percepção em Ambientes Digitais de Aprendizagem Colaborativa," *Revista Brasileira de Informática na Educação*, vol.11, No. 2, 2003.

[4] http://www.guiadohardware.net/tutoriais/usando-vnc/

[5] J. Fuzeto, "Treinamento a distância de operadores com infotecnologias e recursos da web na era da cibercultura – A experiência da CESP," in *Anais do XVII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica - SNPTEE,* Uberlândia, 2003.

[6] E. de C. Teixeira, R. M. Lopez, O.L. Ruy, L. A. dos Santos, J. A. S. de Freitas, "Treinamento de Operadores de Subestações e Despachantes Utilizando Simulador de Treinamento para Operação de Sistemas Elétricos," in *Anais do V Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos - SIMPASE*, Recife, 2003.

[7] M. F. Morais, L. C. Rosa, "Simulador para Treinamento do Serviço Auxiliar de Corrente Alternada da Usina de Marimbondo," *in Anais do 3º Simpósio de Especialistas em Operação de Centrais Hidrelétricas - SEPOCH*, Foz do Iguaçu, 2002.

[8] M. J. Rosemberg, *Learning Through Online Collaboration In: Beyond E-Learning, Approaches and Technologies to Enhance Organizational Knowledge, Learning, and Performance*, Pfeiffer, 2006.

[9] J. A. Valente. Curso de Especialização em Desenvolvimento de Projetos Pedagógicos com o Uso das Novas Tecnologias: Descrição e Fundamentos In: J. A. Valente, M. E. B. B. Prado, M. E. B. Almeida (Org.) Educação a Distância Via Internet – Formação de Educadores, Advercamp Editora, 2003.