



**XXIII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GTL/33
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO – XV

**GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS
- GTL**

**VIRTUALIZAÇÃO DE SISTEMAS SUPERVISÓRIOS (SCADA) VISANDO CONFIABILIDADE E ALTA
DISPONIBILIDADE**

**Diego Humberto Kalegari (*)
Siemens**

**Andreas Kiefer
Siemens**

RESUMO

Uma arquitetura clássica para sistemas de missão crítica tipo SCADA/EMS emprega o modelo Cliente/Servidor, com requisitos de redundância e confiabilidade, facilidade no controle e gerenciamento das informações, garantindo a operação dos sistemas. Historicamente o conceito de *downsizing* apregoa o *one/to/one* (um sistema para uma máquina servidor/cliente) que persiste nesse tipo de sistema, devido a dúvidas quanto ao seu desempenho em um ambiente virtualizado. O foco desse trabalho é quebrar o paradigma de que virtualização de sistemas de missão crítica não atendem o desempenho, apresentando uma solução de um sistema SCADA/EMS virtualizado dentro do contexto das necessidades das concessionárias de energia elétrica brasileira conferindo ao mesmo tempo escalabilidade, alta disponibilidade, redução dos custos operacionais visando à consolidação e eficiência dos serviços.

PALAVRAS-CHAVE

Centro de Operação, SCADA, Virtualização, Escalabilidade, Green IT

1.0 - INTRODUÇÃO

O setor elétrico brasileiro passa por profundas transformações, desde a abertura de capital de empresas de geração, transmissão e distribuição até o aumento da competitividade destas empresas. As transformações iniciaram nas últimas décadas, quando o setor passou de um mercado verticalizado e de domínio estatal para um mercado fragmentado em segmentos diversos de geração, transmissão e distribuição e de forte presença privada. Tal mudança de panorama, tem demandado uma necessidade crescente de uma operação segura, melhoria dos indicadores de qualidade, maximização de ativos e diminuição custos de operação. Estas necessidades levam a um aumento constante da busca por sistemas computacionais robustos, conhecidos como SCADA/EMS, do inglês *Supervisory Control and Data Acquisition / Energy Management System* (Sistemas Supervisórios e de Aquisição de Dados / Sistemas de Gerenciamento de Energia), por parte das concessionárias de energia elétrica, para monitorar, controlar e analisar o processo de geração, transmissão e a distribuição de energia elétrica.

Quanto os gestores de TI (Tecnologia de Informação) e de TA (Tecnologia de Automação) pensam na arquitetura de um sistema SCADA/EMS aparece a tradicional arquitetura Cliente/Servidor e junto com ela vem o conceito de *downsizing* em que um sistema deve ser implantando em um único servidor. Esse modelo persiste nos sistema de missão crítica pois além da resistência, as dúvidas de que um sistema novo atende aos requisitos de redundância e confiabilidade amplamente difundidos com o uso da arquitetura Cliente/Servidor ainda prevalecem. Além disso, uma mudança de arquitetura nem sempre é bem vista em função da dúvida de que um sistema “novo” deve realmente ser adotado frente a um sistema que já está em uso e tem um comportamento esperado.

Com os sistemas computacionais robustos surge a necessidade da mobilização de infraestrutura para implantação e manutenção dos mesmos. Neste contexto, a virtualização torna-se o ponto chave de tal transformação dos

ambientes de computação tradicionais. A virtualização é uma tecnologia que permite criar uma camada de abstração independente de hardware. Ela vem sendo amplamente utilizada pelas organizações no ambiente de Tecnologia da Informação com o intuito de reduzir o custo e a complexidade de seus sistemas computacionais, promovendo redução de custos operacionais e de capital ao aumentar a eficiência de energia e exigir menos recursos de hardware. Além disso, a virtualização confere ainda uma capacidade maior de recuperação diante desastres e uma maior continuidade nos negócios, visto que permite a reposição dos ativos computacionais de maneira rápida e fácil. Motivo pelo qual tornou a tecnologia peça fundamental para a consolidação da computação nas nuvens ou *Cloud Computing*.

O foco desse trabalho é quebrar o paradigma de que virtualização de sistemas de missão crítica não atendem o desempenho necessário para estes sistemas. O trabalho apresenta uma solução para virtualização de um sistema SCADA/EMS dentro do contexto das necessidades das concessionárias de energia elétrica brasileira conferindo ao mesmo tempo escalabilidade, alta disponibilidade, redução dos custos operacionais visando a consolidação e eficiência da infraestrutura virtualizada.

2.0 - SISTEMAS SUPERVISÓRIOS DE AQUISIÇÃO DE DADOS - SCADA

Sistemas supervisórios permitem monitorar e acompanhar as informações de um processo produtivo ou instalação física em diversos ramos da indústria. Tais informações são coletadas através de equipamentos de aquisição de dados e, em seguida, manipulados, analisados, armazenados e, posteriormente, apresentados ao usuário. Estes sistemas também são chamados de SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), em português Sistemas Supervisórios de Aquisição de Dados.

No início, os sistemas SCADA, basicamente telemétricos e de controle (1), permitiam informar periodicamente o estado corrente dos equipamentos e sistemas que fazem parte de um processo industrial possibilitando o monitorando dos sinais representativos de medidas e estados de dispositivos, através de um painel de lâmpadas e indicadores, sem que houvesse qualquer interface aplicacional com o operador, ou seja, o controle era feito manualmente pelos operadores por meio de botões (2). Atualmente, os SCADA utilizam tecnologias de computação e comunicação para automatizar a monitoração e controle dos processos, efetuando coleta de dados em ambientes complexos, eventualmente dispersos geograficamente, e a respectiva apresentação de modo amigável para o operador, com recursos gráficos elaborados (interfaces homem-máquina) e conteúdo multimídia.

O processo de monitoramento implantado nos sistemas SCADA modernos permite que os sistemas utilizem um conceito conhecido como *tags*, para todas as variáveis numéricas ou alfanuméricas envolvidas na aplicação, podendo executar funções computacionais (operações matemáticas, lógicas, com vetores ou strings, etc) ou representar pontos de entrada/saída de dados do processo que está sendo controlado. Desta forma, é possível representar todas as variáveis do processo em tempo real passíveis de monitoramento (ex: temperatura, tensão, corrente, potência etc..) e variáveis telecomandadas, em variáveis do processo real se comportando como a ligação entre o controlador e o sistema.

Todas as informações das variáveis telecomandadas são coletadas e apresentadas aos usuário/operadores de acordo com a necessidade. Por exemplo os sistemas SCADA processam os dados e dependendo da necessidade podem representar os mesmos por meio de alarmes, identificados quando o valor da tag ultrapassa uma faixa ou condição pré-estabelecida, ou apresentam um evento não esperado dentro do sistema, como a abertura de um disjuntor ou uma chave.

Os sistemas SCADA são sistemas de missão crítica sendo assim seguem o conceito de *downsizing* e o modelo *one-to-one*, ou seja, um sistema uma máquina Cliente/Servidor, que é a arquitetura clássica de um sistema distribuído. Nesse conceito as principais atividades dos sistemas são divididas em blocos ou módulos que são executados em servidores distintos. Em linhas gerais as atividades são divididas em: núcleo de processamento, comunicação, gerenciamento de alarmes, histórico de dados, lógicas de controle, interface gráfica, relatórios, comunicação com outras estações SCADA, comunicação com outros sistemas corporativos e outros.

O funcionamento de um sistema SCADA parte da comunicação do sistema com os equipamentos de campo, cujas informações são enviadas para o núcleo principal do software. O núcleo é responsável por distribuir e coordenar o fluxo dessas informações para os demais módulos, até que cheguem na forma esperada para o operador do sistema, na interface gráfica ou console de operação com o processo, geralmente acompanhadas de telas gráficas e animações, relatórios, etc, de modo a exibir a evolução do estado dos dispositivos e do processo controlado, permitindo informar anomalias, sugerir medidas a serem tomadas ou reagir automaticamente.

2.1 ARQUITETURA TRADICIONAL SCADA - SISTEMAS CLIENTE/SERVIDOR

Conforme mencionado acima a arquitetura dos sistemas SCADA mais modernos segue o conceito de *downsizing*, dividindo o sistema de servidores e consoles de operação, a distribuição do processamento tem arquitetura bastante flexível, podendo alocar todas as principais tarefas de monitoramento e supervisão num único computador ou separar as principais atividades em diversas unidades, com opção de redundância nativa em cada uma delas. A arquitetura de um centro de controle com o sistema SCADA Spectrum Power 5 pode ser vista na Figura 1. O Spectrum Power 5 apresenta uma estrutura complexa de servidores responsáveis por diversas atividades do sistema: 1 servidor de dados (DB), 2 servidores de aplicação redundantes (APP), 1 servidor de conteúdo Web e ao menos 2 servidores de comunicação redundantes (CFE) que fazem a interface com os equipamentos em campo, além de 15 estações de trabalho que fazem acesso ao sistema (UI).

No contexto padrão dos sistemas SCADA os servidores CFEs (*Communication Front-End*) são responsáveis por realizar todas as comunicações com os equipamentos, telecomandados e de monitoramento, pelas subestações e rede elétrica da concessionária de Energia por meio de drivers de comunicação capazes de interpretar diversos protocolos. Dentro da arquitetura, os CFEs apresentam ainda um nível de redundância. Os dados obtidos, são então enviados para os servidores de Aplicação APP, que são responsáveis pelo núcleo de processamento das informações do sistemas. Os servidores APP apresentam um conceito de redundância nativa para os servidores, de modo que, em situação de *failover* (troca entre os servidores), as estações de trabalho automaticamente redirecionem o tráfego para o servidor de aplicação ativo. O servidor de base de dados (DB) é responsável por armazenar todo o modelo lógico de dados e histórico do sistema SCADA. O servidor Web é responsável por rodar o servidor de aplicações Web além de disponibilizar os usuários estações de trabalho remotas por meio da interface Web UI (*User Interface*) (Figura 1).

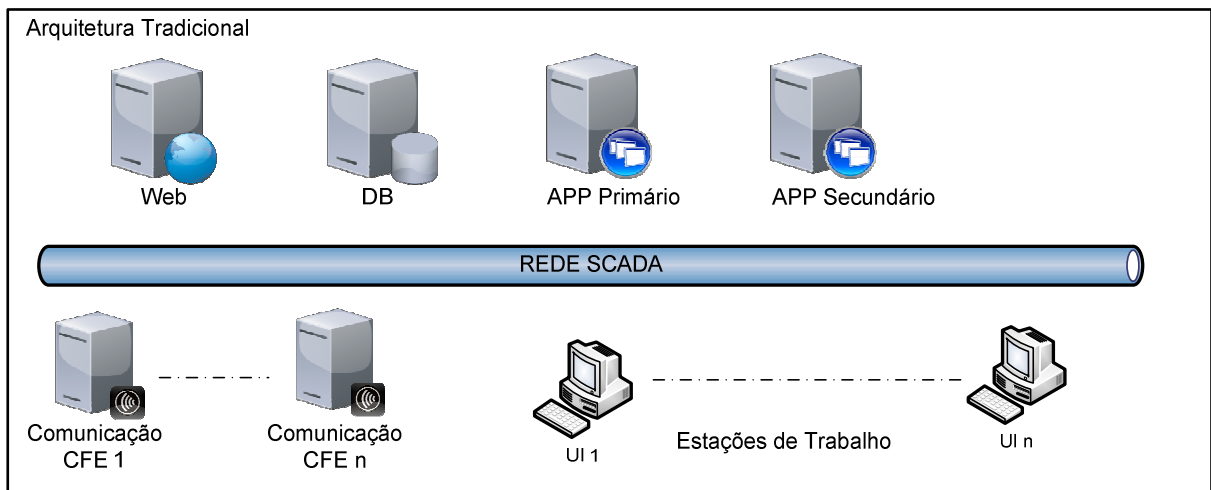


Figura 1- Arquitetura Sistema SCADA Spectrum Power 5 - Cliente/Servidor

2.2 SISTEMAS VIRTUALIZADOS

O conceito de virtualização foi introduzido pela IBM já na época dos mainframes na década de 60. Naquela época já existia a necessidade de redução de custos com infraestrutura, uma vez que os sistemas eram desenvolvidos para funcionar exclusivamente em um determinado computador, sem a perda de qualidade dos serviços disponíveis. Isso se torna possível a partir do momento em que existe a consolidação de vários serviços executados em máquinas distintas em uma única (4).

Atualmente, devido à grande procura de equipamentos, aplicativos e sistemas operacionais, que exigem cada vez mais máquinas performáticas, as empresas passaram a considerar a utilização da virtualização como a solução viável para redução de custos operacionais. De maneira geral pode-se definir o conceito de virtualização como um método ou uma solução computacional que permite a execução de vários sistemas operacionais assim como seus respectivos softwares em um único hardware. Outra definição para o conceito de virtualizar é emular, simular, mascarar ambientes isolados, capazes de rodar diferentes sistemas operacionais dentro de uma mesma máquina, utilizando-se ao máximo a capacidade do hardware, que por muitas vezes fica ociosa em determinados períodos. Esse aproveitamento é maior devido à possibilidade de fornecer ambientes de execução independentes a diferentes usuários em um mesmo hardware (5).

O objetivo central dessa tecnologia é justamente gerar mais produtividade ao ambiente de TI (Tecnologia da Informação) das empresas, com cada vez menos gastos e investimentos em manutenção e equipamentos, uma vez que a camada de abstração que a virtualização oferece independência de hardware.

Esta tecnologia já está consolidada e padronizada pelo ISO/IEC 13187:2011 “*Information Technology – Server Management Command Line Protocol (SM CLP) Specification*” e ISO/IEC 17203:2011 “*Open Virtualization Format*”. Esta padronização se deve graças aos esforços da organização *Distributed Management Task Force (DMTF)* junto com diversas empresas de tecnologia que desde 2007 propuseram o padrão *Open Virtual Format (OVF)*.

De acordo com a IDC Brasil, a virtualização e a consolidação dos ambientes principalmente para redução de custos operacionais e de energia elétrica - Green IT estão impulsionando a demanda por servidores com alto poder de virtualização e consolidação. Além disso, um estudo do ITG (*Investment Technology Group*) demonstra que algumas organizações têm potencial de alcançar até 72% de redução no custo total de propriedade comparado a sua infraestrutura existente por meio de uma solução de consolidação baseada em virtualização com grande escalabilidade, confiabilidade e disponibilidade.

Nesse contexto já existem softwares que fazem esse gerenciamento e podem ser aplicados de acordo com as necessidades da empresa. Nesse artigo utilizamos *Hyper-V* da Microsoft, lançado com suporte a vários sistemas operacionais do mercado. O nome *Hyper-V* vem do conceito de *Hypervisor*: que é a plataforma de virtualização que permite executar vários sistemas operacionais em um único computador físico chamado de host. A principal função do *Hypervisor* está na execução de ambientes isolados de cada máquina virtual e no gerenciamento do acesso entre os sistemas operacionais convidados (*guests*) que estão executando em máquinas virtuais e os recursos de hardware do computador (*host*).

2.3 APLICAÇÃO DE UM SISTEMA VIRTUALIZADO NO CONTEXTO DE UM AMBIENTE DE MISSÃO CRÍTICA

A seguir descreveremos um estudo de caso de aplicação de um sistema SCADA sob uma plataforma de virtualização. A virtualização de sistemas SCADA que será descrita melhor abaixo, foi feita para o SCADA Spectrum Power 5 implementado e uma concessionária de energia elétrica do Brasil. Atualmente a concessionária conta uma estrutura de sistemas SCADA que segue o modelo descrito na sessão 2.1. O ambiente do sistema é um ambiente de produção real em plena operação. O processo de virtualização da arquitetura do sistema SCADA do cliente ocorreu primeiramente nos sistemas de homologação e de treinamento, para em seguida ser estendido no ambiente de missão crítica, SCADA de tempo real,

As sessões seguintes detalharão a infraestrutura de sistemas e servidores da concessionária de energia elétrica antes da virtualização e após a virtualização, além disso serão apresentados os resultados preliminares dos estudos realizados nos sistemas após a virtualização dos servidores e seus ganhos.

2.3.1 INFRAESTRUTURA DO AMBIENTE DA CONCESSIONÁRIA

O sistema SCADA Spectrum Power 5 (6) do ambiente da concessionária está distribuído em cinco sistemas, sendo três centros de controle e operação distintos (sistemas de missão crítica em tempo real), um sistema de homologação (comunica com subestações reais para testes e homologação de soluções e equipamentos) e um sistema de treinamento (sistema comunica com um sistema de treinamento OTS - *Operator Training Simulator*, que simula cada um dos 3 centros de controle). A estrutura de servidores em cada um dos sistemas está definida na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Estrutura dos Sistemas SCADA do cliente

Homologação	Centro de Controle e Operação ¹	Treinamento (OTS)
1 Servidor de Base de Dados (DB) 2 Servidores de Aplicação e Comunicação redundantes (APP,CFE) 2 Estações de Trabalho (Uis)	1 Servidor de Base de Dados (DB) 2 Servidores de Aplicação (APP) redundantes 1 Servidor Web 10 Servidores de Comunicação (CFE) ² 14 Estações de Trabalho (Uis) ³	1 Servidor de Base de Dados, Aplicação e Comunicação (DB,APP,CFE) ⁴ 6 Estações de Trabalho (Uis)

¹ Estrutura para 1 Centro de Controle e Operação

² Cada centro de operação apresenta pelo menos 10 servidores de comunicação CFes, redundantes pareados de 2 em 2.

³ Cada centro de operação apresenta pelo menos 14 Estações de Trabalho (Uis)

⁴ Um servidor para cada centro de operação

Conforme descrito na seção 2.1 em que mostra a arquitetura tradicional de um sistema SCADA que apregoa o conceito *one-to-one* para cada um dos sistemas expostos acima precisaríamos da seguinte configuração de máquinas físicas (servidores):

- Homologação 3 servidores e 2 estações de trabalho;
- Centro de Operação e Controle 14 servidores e 14 estações de trabalho;
- OTS 3 servidores (1 para cada centro) e 18 estações de trabalho

Todos os servidores físicos apresetam uma estrutura de processadores Intel Xeon E5640 de 2.53Hz com 4Gb de Memória RAM e Windows 2008 Standard 32 bits.

2.3.2 ESTUDO DE CASO - INFRAESTUTURA VIRTUALIZADA

Após um estudo detalhado dos 5 sistemas SCADA existentes na concessionária de energia elétrica decidiu-se primeiramente realizar a virtualização dos 2 sistemas que não trabalham em missão crítica com a finalidade de otimizar o hardware necessário além dos custos operacionais. Entretanto, como o objetivo deste trabalho era de aplicar a virtualização em um ambiente SCADA de missão crítica, o passo seguinte focou no uso da virtualização nos servidores de comunicação (CFEs), como forma de identificar as vantagens de desempenho e as reduções dos custos operacionais. A solução de virtualização foi implementada em máquinas físicas *Dell Power Edge R610* com 2 processadores Xeon (E5649) 2.53 GHz e 16 Gb de memória RAM, 4 placas de rede, rodando Windows 2012 64 bits utilizando a tecnologia Hyper-V da Microsoft (7).

Cada equipamento física foi configurado para executar até 3 máquinas virtuais, desse modo a memória RAM das máquinas virtualizadas pode ser dividida em 4 vezes de 4Gb, sendo que os primeiros 4Gb são utilizados pelo sistema operacional instalado na máquina física e os outros 12Gb remanescentes são distribuídos igualmente para cada uma das 3 máquinas virtuais.

2.3.2.1 SISTEMAS NÃO CRÍTICOS

Os sistemas não críticos (Homologação e Treinamento) funcionam em redes isoladas e não apresentam um grau de criticidade alto e portanto foi possível aplicar a virtualização completa destes ambientes, promovendo assim a redução dos custos com *hardware*, gastos com energia elétrica e manutenção dos sistemas. A arquitetura obtida após a aplicação da virtualização destes servidores é apresentada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, abaixo, onde podemos ver que para cada um dos dois sistemas (Homologação e Treinamento) empregou-se apenas 1 único hardware (host) para acomodar os três servidores de maneira virtualizada.

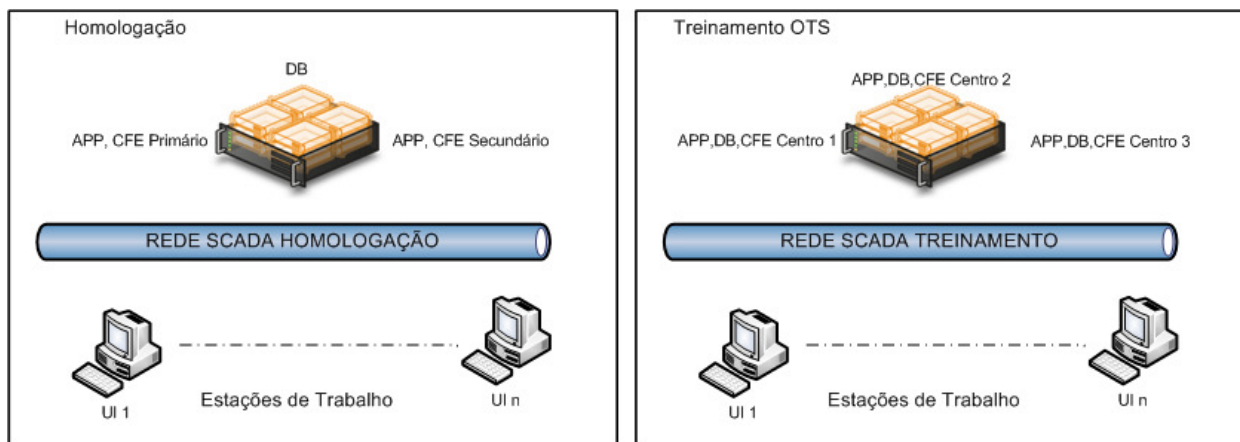


Figura 2 - Virtualização de Sistemas não Críticos

2.3.2.2 SISTEMAS DE MISSÃO CRÍTICA – TEMPO REAL

Conforme mencionado anteriormente, virtualizar aplicações de sistemas de missão crítica não é comum e tão pouco empregado, uma vez que os gestores das áreas de TI e de TA são céticos quanto a questão de desempenho e segurança desses ambientes, especialmente por conta da questão do compartilhamento de recursos. Porém com a pressão para a redução de custos operacionais e a busca constante em aumentar a escalabilidade das aplicações destes ambiente, iniciaram-se estudos que visam avaliar a viabilidade de implementar a virtualização também nesses sistemas.

Nesse contexto indetificou-se dentro da arquitetura de servidores do sistema SCADA Spectrum Power 5 que a virtualização seria possível e de simples implementação nos servidores de comunicação CFEs em que o seu

hardware se mostrou subutilizado. Esses servidores são configurados exclusivamente para receber os dados de campo (equipamentos) e distribuir essas informações para os servidores de aplicação (APP), assim o maior fluxo de informação nesses servidores é por meio da interface de rede, os mesmos não apresentam grandes esforços de processamento e de utilização de memória o que viabiliza a sua virtualização.

Sendo assim a arquitetura do sistema após a virtualização dos servidores CFEs ficou conforme apresentada na Figura 3. Todos os servidores CFEs foram virtualizados em máquinas com 3 CFEs virtuais conforme descrito anteriormente sendo que os CFEs redundantes distribuídos em máquinas distintas, preservando a disponibilidade e confiabilidade em caso de falha do servidor CFE principal.

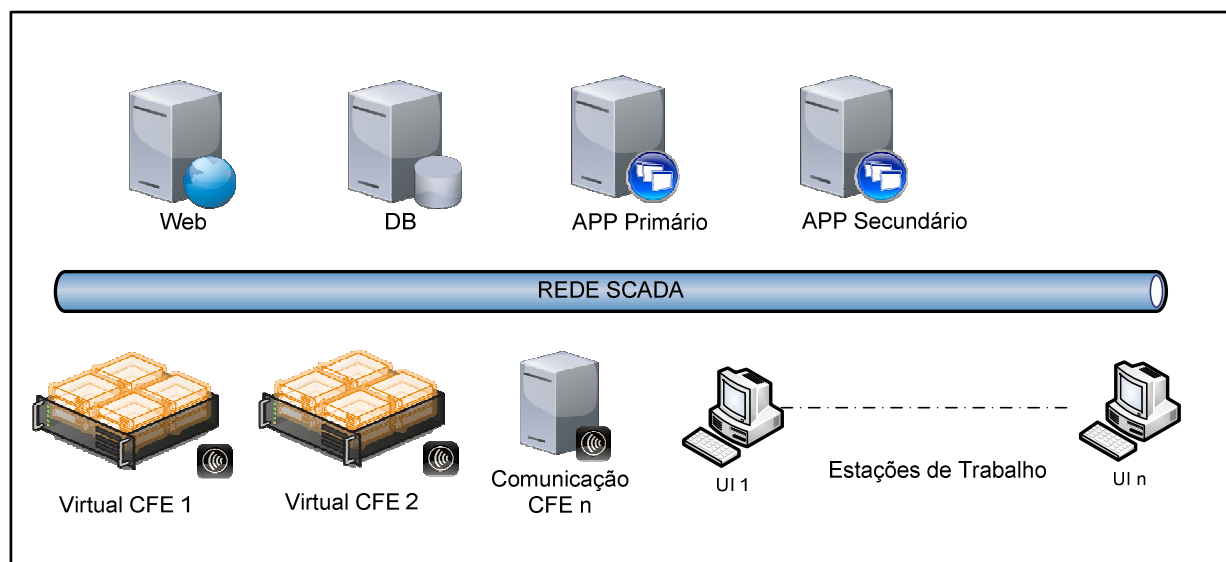


Figura 3 - Arquitetura SCADA - Virtualização dos servidores de Comunicação

2.3.3 RESULTADOS PRELIMINARES

Nesta sessão apresentamos os testes preliminares que tem por objetivo ilustrar os ganhos em termos de redução dos custos operacionais com consumo de energia considerando apenas a redução do uso de equipamentos.

Os servidores considerados nos cálculos apresentam as seguintes configurações:

- Dell Power Edge R610 com 2 processadores Xeon (E5649) 2.53 GHz e 16 Gb de memória RAM, 4 placas de rede com 1 fonte de 717W (máximo) de potência

O consumo máximo de energia considerando a configuração acima é de aproximadamente 516 kWh para operação 24 horas por dia durante 7 dias da semana por equipamento. O consumo médio deste mesmo equipamento é de aproximadamente 361,44 kWh para o mesmo período.

Adicionalmente cada equipamento gera dissipação de calor e portanto requer um sistema de condicionamento de ar. Para o cenário de consumo máximo são dissipados aproximadamente 2400 BTU/h o que demanda um sistema de refrigeração com potência de aproximadamente 703W ou 506 kWh. Para o cenário de consumo médio de energia do servidor são dissipados aproximadamente 1713 BTU/h ou 361,44 kWh.

A tabela 2 abaixo sintetiza os dados apresentados acima.

Tabela 2 – Quadro de consumo de energia por servidor

Servidor	Consumo Máximo (kWh/mês)	Consumo Médio (kWh/mês)	Consumo com Condicionamento Máximo (kWh/mês)	Consumo com Condicionamento Médio (kWh/mês)
01x Dell Power Edge R610	516	361,44	506	361,44

Considerando o ambiente de implementação da virtualização, descrito na sessão 2.3.2, tivemos a redução de 3 servidores físicos de Homologação para apenas 1; de 3 servidores de Treinamento para apenas 1 e de 10 servidores de Comunicação para apenas 3, conforme sintetizado na tabela 3 abaixo.

Tabela 3 – Quadro de consumo de energia por servidor e sistema de condicionamento antes e após o uso da virtualização

Servidor	Antes da Virtualização	Consumo de energia médio kWh/mês (Fonte do Servidor + Ar condicionado)	Após Virtualização	Consumo de energia médio kWh/mês (Fonte do Servidor + Ar condicionado)
Homologação	3		1	
Treinamento	3		1	
Comunicação	10		3	
Total	16	11.566,08	5	3.614,4

Com os números acima podemos observar uma redução de 68,75% no consumo de energia apenas para este conjunto de servidores.

Entretanto estes ganhos são apenas os que foram mensurados na redução com consumo de energia. Os ganhos reais devem ainda considerar a redução do espaço físico com o uso reduzido de equipamentos em um Data Center, o melhor uso dos recursos humanos alocados com operação e manutenção de uma estrutura mais reduzida, ainda que requeira pessoal capacitado para operar a nova estrutura. Além disso, existe ainda o ganho com a escalabilidade do sistema, uma vez que um servidor pode agregar várias máquinas virtuais o que novamente reduz gastos com aquisições não planejadas e manutenção do sistema. E por fim e não menos importante, esta abordagem permite uma redução dos tempos de recuperação dos serviços em caso de falha e consequentemente a redução dos custos com penalidades por indisponibilidade do sistema após períodos regulamentados por contratos de prestação de serviços.

Trabalhos futuros pretendem mensurar de maneira mais clara os ganhos subjetivos aqui apresentados com manutenção, operação, escalabilidade e disponibilidade dos sistemas virtualizados, embora que já comprovados pela comunidade de usuários destes sistemas e pelos fornecedores destas soluções.

3.0 - CONCLUSÃO

O aumento da competitividade, a demanda crescente de uma operação segura, com melhoria dos indicadores de qualidade, a maximização de ativos e a diminuição dos custos operacionais que o setor elétrico brasileiro enfrenta abre margem para uso de tecnologias amplamente utilizadas no segmento de tecnologia da informação também na tecnologia da automação como os sistemas SCADA/EMS.

Este trabalho apresentou brevemente uma arquitetura padrão de um sistema SCADA e propôs uma mudança de paradigma ao demonstrar a possibilidade de utilizar a virtualização de um sistema SCADA tanto para sistemas não críticos, como para críticos ou de tempo real. O trabalho demonstra a partir de um estudo de caso, a operacionalização da virtualização de servidores que compõem um sistema SCADA, apresentado como uma concessionária de energia elétrica obteve ganhos na manutenção dos servidores e redução do consumo de energia no Data Center. Além disso, a virtualização confere ainda um maior nível de confiabilidade e escalabilidade do sistema SCADA ao permitir que novos servidores sejam adicionados a uma estrutura de hardware já existente e também o de oferecer uma resposta mais rápida a situações de falhas de elementos que compõem a arquitetura do sistema. Com isso novos investimentos podem ser direcionados na melhoria de desempenho destes servidores ao invés de simplesmente segmentar tais investimentos.

Trabalhos futuros pretendem explorar ainda outros servidores que também podem ser virtualizados na arquitetura como os servidores de aplicação, o servidor de banco de dados, além das estações de trabalho. Atualmente, cada operador requer duas estações de trabalho, uma para a rede corporativa e uma para a rede de automação. Portanto, a virtualização das estações de trabalho em servidores tem por objetivo permitir que os usuários acessem de maneira segura o sistema SCADA, reduzindo assim, além de recursos, a possibilidade de exposição a falhas de segurança ou ataques cibernéticos uma vez que a estação de trabalho pode ficar alocada apenas dentro da rede de automação com regras específicas de segurança.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) MOREIRA, Pedro Manuel Barbosa. Sistemas de Supervisão e Controle de Estruturas, FEUP., Porto, 2011
- (2) ROSÁRIO, João Maurício, Princípios de Mecatrônica, São Paulo, Pearsons Prentice Hall 2005
- (3) SEIXAS FILHO, Constantino, SZUSTER, Marcelo, Programação concorrente em ambiente Windows - Uma visão de automação Editora UFMG, 2003
- (4) BARATA, Jorge, Virtualização com o Hyper-V -Infra Magazine 1
- (5) VERAS, Manoel, Virtualização Componente Central do Datacenter, Rio de Janeiro, Brasport Livros, 2011
- (6) Siemens (2015) <http://www.siemens.com>
- (7) Carvalho, Leandro, Windows Server 2012 Hyper-V Cookbook, London, Packt Publishing, 2012.