XXIV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

CB/GTL/16

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

# Virtualização de sistema SCADA na Subestação Curitiba Norte 230kV

**Tiago Manczak(*)**
**COPEL GeT**

**Alex Sandro Ivankio**
**COPEL GeT**

**Pedro Gustavo Schier**
**COPEL GeT**

**Ricardo da Costa Machado**
**COPEL GeT**

RESUMO

A Copel adota em todas as suas subestações o supervisório SASE (Sistema de Automação de Subestações) de desenvolvimento próprio. Por questões de superação tecnológica desse sistema um novo sistema supervisório está sendo desenvolvido modelado com base na norma IEC61850. Esse sistema, denominado NovoSASE, foi testado em vários cenários em ambiente de laboratório. Como primeira implantação em ambiente de subestação é importante que o sistema seja aplicando em paralelo ao sistema já existente para evitar a perda de supervisão da subestação. Isso porque tanto o SASE quanto o NovoSASE atuam não só como o SCADA local da subestação mas também como gateway de comunicação com os níveis superiores. Para instalação dos sistema em paralelo seria necessário duplicar o número de computadores industriais para validação da solução do novo sistema. Uma opção para evitar esse custo de duplicidade, que exigira também espaço físico e intervenções no painel de automação, decidiu-se utilizar a virtualização.

Esse trabalho apresenta todas as etapas de instalação e configuração do hypervisor. Foram criadas duas máquinas virtuais com os respectivos sistemas SASE e NovoSASE. Os consumos de processamento e memória RAM foram monitorados para avaliar o comportamento dos sistemas. Verificou-se que em regime a plataforma computacional é capaz de executar ambos os sistemas sem perdas de funcionalidade. A utilização da virtualização permitiu a flexibilização do hardware para instalação de sistemas com sistemas operacionais diferentes e independentes. Além disso o emprego do hypervisor permite a gerência remota das máquinas virtuais o que agiliza o processo de testes do novo sistema supervisório garantindo a operação contínua do sistema legado. Além disso algumas questões de segurança cibernética tiveram que ser levadas em consideração para não comprometer a rede de automação durante os testes.

PALAVRAS-CHAVE

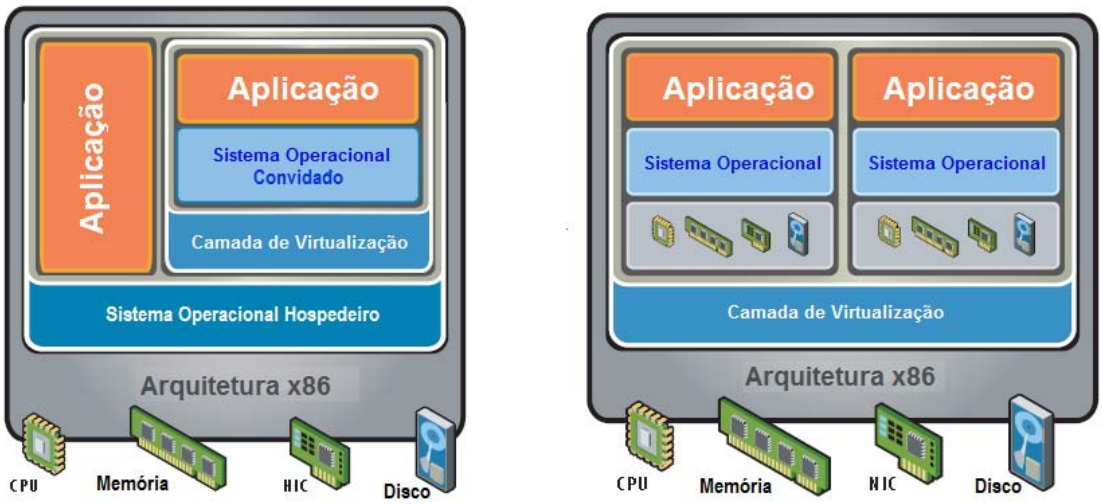
Virtualização, Hypervisor, SCADA, SASE, Slackware

## 1.0 - INTRODUÇÃO

Virtualização é uma tecnologia amplamente utilizada para prover serviços em diversos tipos de negócios como sistema financeiro, varejo eletrônico e até serviços públicos. Existem duas formas de virtualização. A primeira (figura 1a) é hospedada num sistema operacional comum no qual é instalado um aplicativo de virtualização que provê os serviços às máquinas virtuais através de chamadas ao sistema operacional hospedeiro. Outra maneira (figura 1b) é instalar um Hypervisor, que é um sistema operacional especial para virtualização que tem acesso direto ao hardware.

(*) rua José Izidoro Biazetto, n° 158 – Bloco A – CEP 81200-240 Curitiba, PR, – Brasil
Tel: (+55 41) 3331-4627 – Fax: (+55 41) 3331-3575 – E-mail: tiago.manczak@copel.com

Por se tratar de um sistema específico para virtualização além de ocupar menos recursos de hardware que um sistema operacional comum ele pode oferecer outras funcionalidades para gerenciamento das máquinas virtuais.




(a) (b)

Figura 1 – Sistema de virtualização hospedado (a) e com Hypervisor (b)
Adaptado de: VMWARE INC., Virtualization Overview, 2006

O emprego dessa tecnologia em sistemas de missão crítica tem crescido num ritmo lento. Essa baixa adoção se deve ao fato de existirem poucos trabalhos na literatura comprovando que a virtualização não compromete o desempenho de sistemas. Algumas iniciativas de virtualização de sistema SCADA (Supervisory control and data acquisition) em centros de operação já foram apresentadas em trabalhos anteriores, entretanto este é o primeiro trabalho apresentando a aplicação de virtualização de um sistema SCADA (Supervisory control and data acquisition) aplicado numa subestações de rede básica no Brasil.

## 2.0 - DESENVOLVIMENTO

A subestação escolhida para o teste da aplicação foi a Curitiba Norte 230kV. Essa subestação possui dois computadores industriais SEL3355 com processador core i5, 4GB de memória RAM e 250GB de memória de massa SSD. Essa configuração é suficiente para instalação do hypervisor VMWare ESXi 6.0. Esse hypervisor foi selecionado por ter licença gratuita e já ser aplicado pela Copel em seu datacenter para execução de seus sistema corporativos possibilitando assim um suporte da equipe própria da Copel à ferramenta de gerenciamento.

### 2.1 Instalação do Hypervisor

O requisito mínimo de memória RAM para instalação do VMware ESXi é de 4 GB conforme manual do fabricante. Apesar do SEL3355 atender a esse requisito de hardware a mensagem apresentada pela figura 2 foi observada durante a instalação. Ao verificar com o comando free verificou-se que a memória ram reconhecida pelo sistema operacional de instalação do VMware ESXi era 3.84GB, de fato menor que 4GB. Isso acontece por que o controlador de vídeo Intel HD Graphics 4000 Controller do processador Intel Core I7 compartilha a memória RAM disponível no sistema.

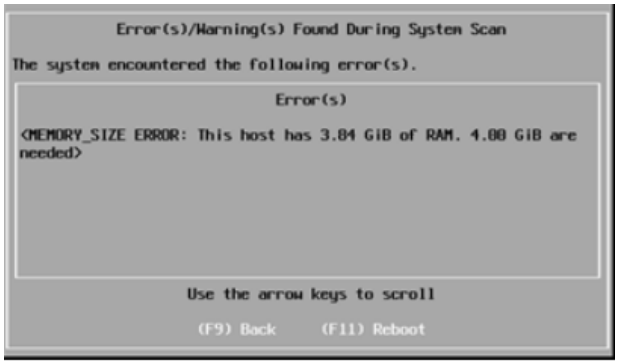


Figura 2 – Mensagem de erro na instalação do VMware ESXi

Ao buscar uma solução encontrou-se um tutorial no documento *SEL Application Notes AG2015-11- Virtualization With SEL Rugged Computers*, que permite uma customização da instalação de VMware ESXi em plataforma com menos de 4GB de memória RAM. Para isso ao observar a mensagem de erro da figura 2 é necessário abrir uma console de comando utilizando as teclas ALT+F1. Após efetuar o login como root (sem senha) os comandos abaixo foram executados na linha de comando.

*# cd /usr/lib/vmware/weasel/util*
*# rm upgrade_precheck.pyc*
*# mv upgrade_precheck.py upgrade_precheck.py.old*
*# cp upgrade_precheck.py.old upgrade_precheck.py*
*# chmod 666 upgrade_precheck.py*
*# vi upgrade_precheck.py*

Após o último comando o arquivo *upgrade_precheck.py* é aberto no editor de texto. Neste arquivo, na linha que está definido a variável *MEM_MIN_SIZE*, deve-se substituir os caracteres 4* por 2*, conforme mostra a figura 3. Depois de salvar e fechar o arquivo reiniciou-se o script de instalador utilizando os comandos a seguir.

*# ps -c | grep weasel ( descobrir PID do python )*
*# kill -9 <PID> (utilizar o número no lugar do <PID>)*

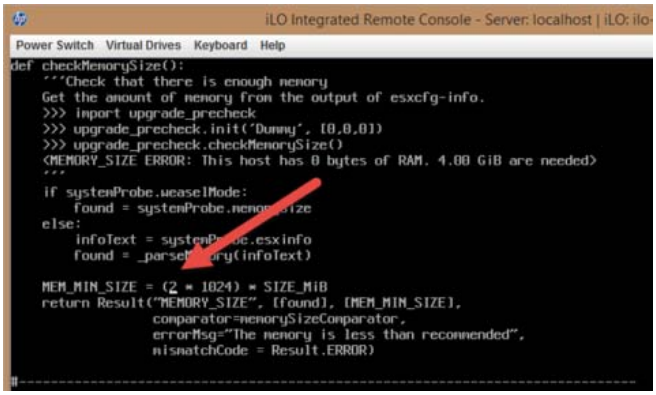



Figura 3 - Arquivo *upgrade_precheck.py* com a alteração para mudar o requisito de memória RAM

Depois de reiniciado o script de instalação pode-se completar a instalação do Hypervisor ESXi 6.0.0 conforme mostra a figura 4.

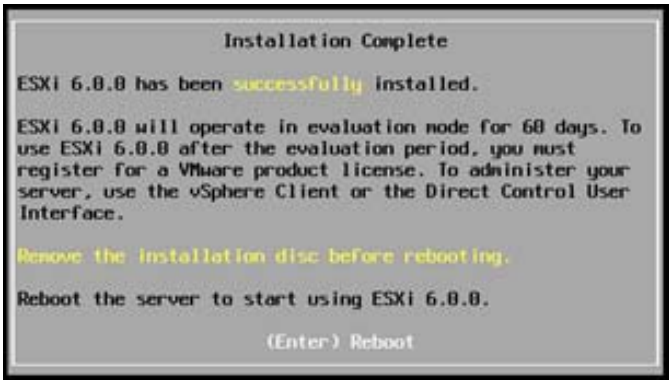



Figura 4 – Tela de instalação do VMware ESXi completada com sucesso.

## 2.2 Instalação das Máquinas Virtuais

Após a instalação bem sucedida do Hypervisor ESXi 6.0, foram criadas duas máquinas virtuais utilizando o Vmware vSphere Client conforme mostra a figura 5.

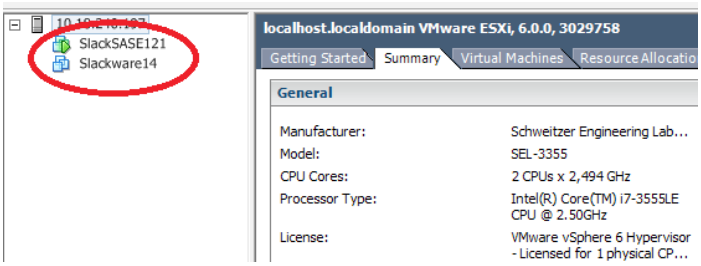



Figura 5 – Tela do vSphere Client acessando o SEL3355 hospedando as duas máquinas virtuais.

A primeira máquina virtual é a máquina do SlackSASE121 que é utilizada para executar o sistema supervisório SASE conforme mostra a figura 6. O sistema SASE foi configurado normalmente e está totalmente operacional sendo responsável pela supervisão da subestação Curitiba Norte 230kV e integração com o COGT (Centro de Operação da Geração e Transmissão).

A segunda máquina virtual é o sistema operacional Slackware 14 que o sistema operacional para o qual o NovoSASE está sendo desenvolvido, dessa forma essa máquina virtual permitirá que os dois sistemas (SASE e NovoSASE) operem simultaneamente, permitindo avaliar o desempenho no módulo de comunicação do novo supervisório, além de permitir que o sistema NovoSASE que está em fase final de implementação passe à fase de implantação de forma mais flexível e segura. Isso deve-se ao fato do VMware ESXi permitir que as máquinas virtuais sejam acessadas e gerenciadas de forma remota e independente. Sendo assim implementações feitas em campo utilizando o Slackware14 como NovoSASE poderão ser realizadas e monitoradas de forma mais ágil enquanto a máquina SlackSASE121 com o SASE poderá continuar operando normalmente sem comprometer a operação remota da subestação a partir do COGT. A figura 6 demonstra o funcionamento simultâneo das máquinas virtuais instaladas.

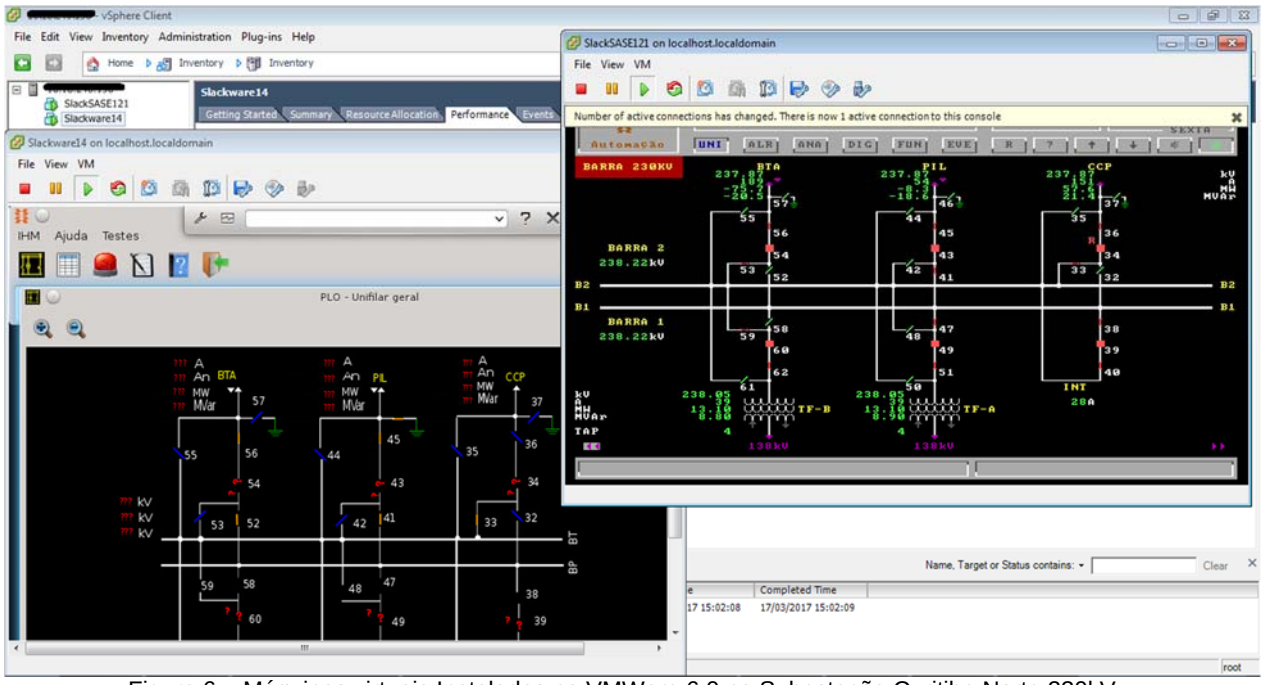



Figura 6 – Máquinas virtuais Instaladas no VMWare 6.0 na Subestação Curitiba Norte 230kV

## 2.2 Avaliação do Desempenho

A figura 7 apresenta um gráfico de consumo do recurso de CPU durante a inicialização da máquina virtual Slackware14 enquanto o Supervisório SASE opera normalmente na máquina virtual SlackSASE121. Observa-se que apesar do pico de uso de CPU por 2,5 minutos o uso médio de CPU não ultrapassou 75%. Além disso em regime o uso da CPU permanece em níveis mínimos mesmo com a máquina SlackSASE121 sendo executada continuamente.

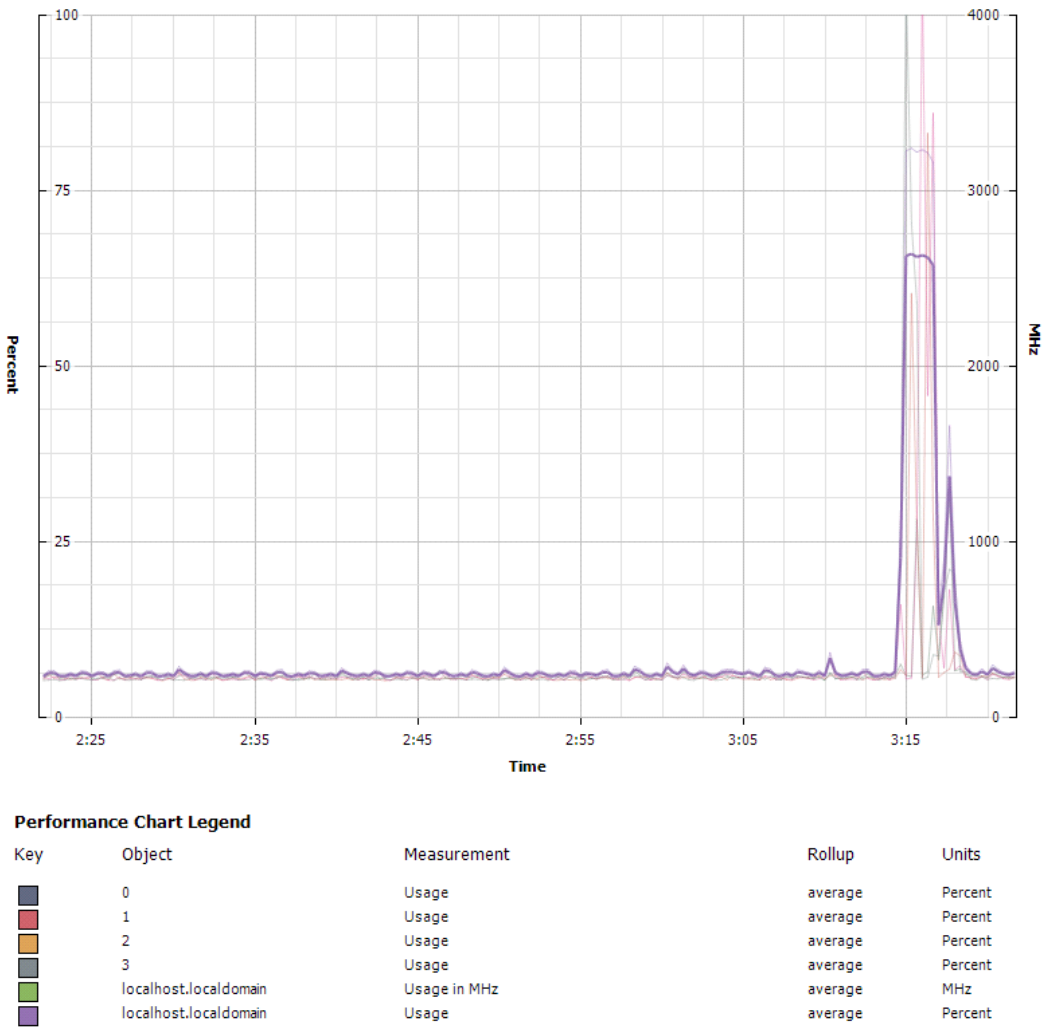
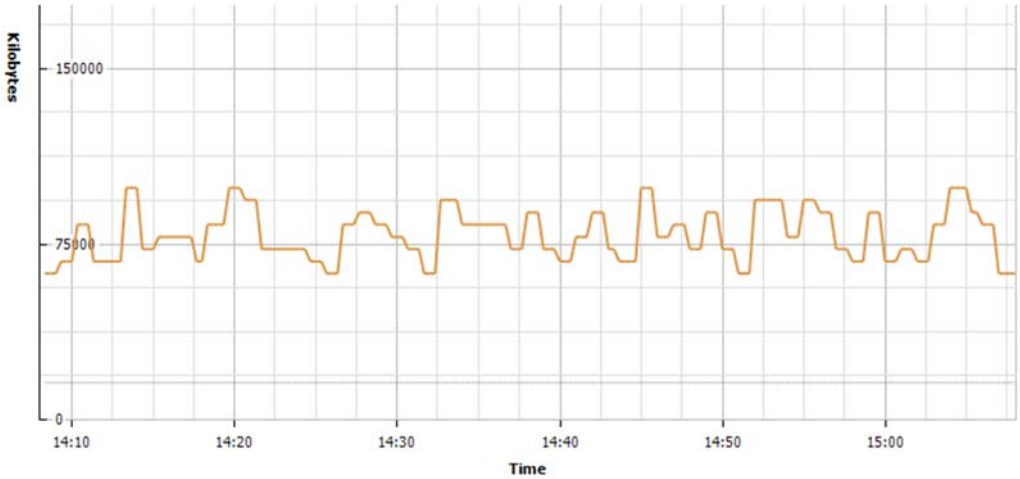



Figura 7 – Gráfico de uso de CPU durante inicialização da máquina Slackware14 e execução da máquina SlackSASE121 em regime permanente.

As figura 8 e 9 apresentam, respectivamente, o consumo de memória RAM das máquinas virtuais SlackSASE121 e Slackware14. A primeira está operando em regime permanente comunicando com todos os relés de proteção da subestação, bem como com o Centro de Operação. Observa-se que há uma variação no consumo de memória mas que não ultrapassa 150Mb.

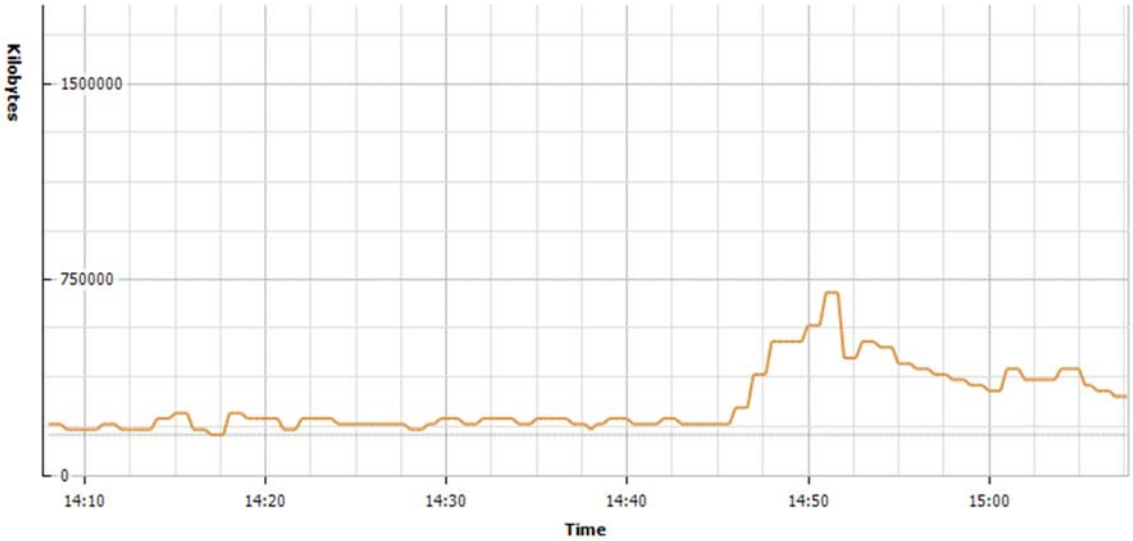
Na figura 9 observa-se um aumento sensível no consumo de memória RAM, seguido de uma leve queda. Essa variação deve-se à inicialização do sistema supervisório NovoSASE na máquina virtual Slackware14. A memória consumida entretanto não ultrapassa 750Mb. O consumo maior de memória em relação à primeira máquina virtual é esperado já que o NovoSASE faz uso de um sistema gráfico vetorizado que permite maior número de recursos na Interface Humano Máquina (IHM) que o sistema legado SASE.




**Performance Chart Legend**

| Key | Object | Measurement | Rollup | Units |
|---|---|---|---|---|
| | SlackSASE121 | Balloon | average | Kilobytes |
| | SlackSASE121 | Granted | average | Kilobytes |
| | SlackSASE121 | Active | average | Kilobytes |
| | SlackSASE121 | Consumed | average | Kilobytes |

Figura 8 – Gráfico do consumo de memória RAM da máquina Virtual SlackSASE121 durante a operação permanente do supervisório SASE.




**Performance Chart Legend**

| Key | Object | Measurement | Rollup | Units |
|---|---|---|---|---|
| | Slackware14 | Balloon | average | Kilobytes |
| | Slackware14 | Granted | average | Kilobytes |
| | Slackware14 | Active | average | Kilobytes |
| | Slackware14 | Consumed | average | Kilobytes |

Figura 9 – Gráfico do consumo de memória RAM da máquina Virtual Slackware14 durante a inicialização do supervisório NovoSASE.

## 3.0 - CONCLUSÃO

O trabalho realizado mostra de forma prática e inédita no sistema elétrico brasileiro a utilização de sistemas SCADA virtualizados no ambiente de subestações. Isso permite não só solucionar o problemas de compatibilidade de hardware de sistemas legados mas também prover uma solução para futuras migrações de sistemas, criando um ambiente de aplicação real para validação e testes. Além disso a virtualização permite que o uso de recursos de hardware seja compartilhado entre diferentes aplicações que ainda assim poderão operar de forma independente.

Os testes de desempenho mostraram que as máquinas virtuais podem operar simultaneamente sem comprometerem o desempenho mútuo. Entretanto mais testes devem ser realizados para que o desempenho seja garantido mesmo em momento de contingência como numa avalanche de alarmes.

## 4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


(1) SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES INC., **SEL3355 Computer**, 2016.

(2) BROWN, M., **Virtualization With SEL Rugged Computers**, SEL Application Guide, 2015

(3) VMWARE INC., **Virtualization Overview**, 2006.

(4) VMWARE INC., **Understanding Memory Resource Management in VMware® ESX™ Server**, 2009

(5) KALEGARI, D. H., KIEFER, A., **Virtualização de Sistemas Supervisórios (Scada) Visando Confiabilidade E Alta Disponibilidade**, XXIII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Foz do Iguaçu, 2015


## 5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Tiago Manczak nasceu em São Bento do Sul, Santa Cataria em 1985. Formado pela Escola Técnica Tupy como Técnico em Eletrônica em 2003, graduou-se em 2009 como Engenheiro Eletrônico pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná onde também obteve o título de Mestre em Ciências em Engenharia Elétrica no ano de 2012. Atua desde 2011 como engenheiro de automação de subestações de transmissão pela Copel Geração e Transmissão. Desenvolve projetos de P&D ANEEL com integração de equipamentos de monitoramento, controle e proteção.