



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

FI/GTL/31  
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**

**SISTEMA INTEGRADO DE SUPERVISÃO DO SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES**

**Felipe Tatsch(\*)  
CEEE-GT**

**Igor Freitas Fagundes  
CEEE-GT**

**RESUMO**

Este trabalho propõe uma solução para o monitoramento eficiente de sistemas de telecomunicações em empresas de transmissão de energia elétrica. Existem diversos softwares e sistemas de monitoramento no mercado, porém praticamente todos são soluções proprietárias que possuem restrições quanto a tipos e modelos de equipamentos, ou então são softwares genéricos, mas com restrições quanto aos protocolos de comunicação. Este trabalho apresenta como solução a implementação de um sistema baseado no Nagios®, um software de código aberto com uma grande flexibilidade que possibilita monitorar praticamente todos os equipamentos da planta de uma forma integrada e bastante eficiente.

**PALAVRAS-CHAVE**

Supervisão, Smart grid, Telecomunicações, Nagios, Linux, Monitoramento

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos a importância dos sistemas de telecomunicações no âmbito do sistema de transmissão de energia elétrica vem crescendo exponencialmente. Este crescimento deve-se principalmente ao grande número de instalações teleassistidas e a imprescindibilidade das teleproteções e proteções diferenciais de linha nos atuais sistemas elétricos de potência. Esta importância também pode ser notada pelo aumento das exigências dos órgãos reguladores quanto a confiabilidade e disponibilidade dos sistemas de telecomunicações.

Os sistemas de telecomunicações das empresas do setor são compreendidos por equipamentos de subestações antigas, de tempos em que a supervisão remota ainda não era considerada essencial, bem como de subestações novas, com equipamentos de última geração e protocolos de supervisão dedicados e bem desenvolvidos. As plantas instaladas compreendem equipamentos bastante distintos, como OPLAT (Ondas Portadoras sobre Linhas de alta tensão), SDH (Synchronous Digital Hierarchy), rádios analógicos e digitais de diversas frequências, sistemas de energia dedicados ao sistema de telecomunicações, sistemas de rádio VHF para comunicação das equipes de manutenção em campo, dentre outros. Além disso, as empresas de economia mista têm dificuldade em manter uma padronização de equipamentos, fabricantes e sistemas supervisórios devido ao regramento das leis que regem as compras e contratações, afora a falta de interesse e dificuldade das empresas fornecedoras em ter um sistema supervisório que também seja compatível com os equipamentos dos concorrentes.

Com toda esta miscelânea de dispositivos, gerações, tipos e fabricantes diferentes, há uma grande dificuldade no que se refere a como realizar uma supervisão integrada de todo o sistema, tornando difícil o gerenciamento dos equipamentos de uma rede que a cada dia fica mais complexa. Para isso foi implantado na CEEE-GT o Nagios®, um software de monitoramento de rede de código aberto, distribuído sob a licença GNU (General Public License) que roda sobre plataformas Unix e é facilmente customizável para atender as mais diversas aplicações. Conforme

mostra este documento, esse sistema vem sendo muito bem aceito dentro da CEEE-GT e atende a praticamente todas as funcionalidades necessárias para o monitoramento eficiente da planta de equipamentos de telecomunicações da empresa.

## 2.0 - CONCEITOS DO SOFTWARE NAGIOS

O Nagios® é um software que teve seu desenvolvimento iniciado em 1996 e tem este nome desde 2002. Ele foi desenvolvido inicialmente para a área de TI, possibilitando o monitoramento de serviços de equipamentos de rede, recursos de computadores, servidores e serviços de rede. Este software apresenta uma grande flexibilidade quanto à protocolos e tipos de acesso e possibilita que com o uso de funções nativas e, em alguns casos com poucas linhas de script, se possa monitorar os mais variados tipos de equipamentos e processos.

O Nagios® tem um núcleo central desenvolvido em linguagem C que funciona como o cérebro do sistema. Ele possui uma arquitetura onde se define uma lista de equipamentos com seus parâmetros básicos: nome, ip, porta, entre outros. Com base nesta lista de equipamentos, podem ser definidos grupos de equipamentos distintos, exemplo, multiplexadores, rádios, *switchs*, conversores, etc. E então, para cada grupo podem ser definidos os serviços que devem ser verificados e o intervalo de tempo de verificação. A grande diferença do Nagios® para os demais sistemas, é que este serviço é verificado por um comando que acessa um arquivo externo ao software, existem arquivos de serviços que já vem com o sistema, mas podem ser adicionados diversos scripts e arquivos executáveis para realizar as mais variadas consultas customizadas de acordo com a necessidade do usuário.

Além disso, a ferramenta tem diversas outras funcionalidades, entre elas:

- a. A ação automática no caso de algum evento, por exemplo uma reinicialização de um equipamento no caso de uma falha específica.
- b. Criação de grupos diferentes de pessoas a serem notificadas dependendo do equipamento, grupo de equipamentos e tipo de falha.
- c. Definição de criticidade de eventos para o gerenciamento de notificações e status da rede.
- d. Identificação de estado instável de serviços a fim de evitar que no caso de repetitivas falhas de um mesmo serviço se envie centenas de notificações para a equipe de manutenção.
- e. Hierarquia de pais e filhos, facilitando a geração de notificações apenas para o equipamento em falha e não para todos os equipamentos e serviços que dependam deste.
- f. Dependência de serviços, também para evitar notificações de serviços dependentes de um serviço em falha.
- g. Geração de um mapa de forma automática com base na hierarquia de pais e filhos.
- h. Facilidade no envio de notificações via *e-mail* e *SMS*.

## 3.0 - IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA

Há algum tempo vem se buscando no mercado ferramentas que suprissem a necessidade de monitoramento da planta de telecomunicações da CEEE-GT. Planta esta que tem sua complexidade intrínseca, devido aos mais variados tipos, modelos, fabricantes e gerações de equipamentos que a compõe.

Após diversos contatos com empresas fornecedoras de equipamentos, softwares e serviços, foram encontradas inúmeras dificuldades. A maioria das empresas tinham em seus catálogos ferramentas muito interessantes, porém havia a limitação de que estas ferramentas só suportavam os equipamentos daquele fabricante e daquela geração de equipamentos. Outras empresas tinham soluções que acarretavam na instalação de novos equipamentos, exclusivos para o monitoramento da planta, sendo que estes seriam de um novo modelo e geração, que também acabariam depois de algum tempo se tornando legados e tornando a planta ainda mais complexa. Além disso, todas estas soluções envolveriam um custo muito elevado para a empresa na instalação e a dependência de um contrato de manutenção permanente também gerando custo constante e o risco de descontinuidade na prestação dos serviços por parte da contratada ao longo dos anos.

Após um contato inicial com o software Nagios® para fazer o monitoramento de links ethernet redundantes *Virtual Router Redundancy Protocol* (VRRP) se percebeu a grande flexibilidade que o software dispõe e se vislumbrou a possibilidade da utilização deste software para a implementação de um sistema integrado de supervisão do sistema de telecomunicações da CEEE-GT.

As funcionalidades intrínsecas do Nagios® em conjunto com pouco desenvolvimento de scripts e algumas informações dos equipamentos a serem monitorados tornou possível um sistema bastante completo e poderoso para o monitoramento da planta dos equipamentos de telecomunicações da CEEE-GT. A arquitetura da ferramenta é feita para que se tenham configurações genéricas com *templates* evitando a duplicação de configurações e facilitando a implementação e evolução do sistema.

O Nagios® é dividido em alguns tipos de arquivos:

- Arquivos de contatos nos quais se estabelecem os grupos de usuários os quais são posteriormente selecionados para receber notificações de determinados tipos de eventos.
- Arquivos contendo a lista de comandos de monitoramento de status contendo o local do arquivo executável a ser chamado quando o serviço deve ser monitorado.
- Arquivos “*template*” que são configurações gerais de equipamentos e serviços, como por exemplo grupo de contatos a ser notificado em um tipo de serviço e função, intervalo de tempo de monitoramento, comando a ser executado para verificar se o equipamento está acessível, etc.
- Arquivos específicos que podem ser segmentados conforme desejado para cada tipo de equipamento com a lista, parâmetros e serviços a serem executados em cada equipamento ou grupo de equipamentos.
- Arquivos executáveis, que serão os arquivos que efetivamente farão o acesso ao equipamento e irão verificar os seu status, este arquivo pode fazer um comando de ping, um acesso telnet, snmp, ssh, serial, etc.

A personalização é possível e necessária para adequar o tratamento de alarmes, notificação de eventos e falhas, ajustar a periodicidade da varredura dos equipamentos, grupos de usuários a serem notificados dentre outros, e faz grande diferença para a aceitação e consequente sucesso do sistema supervisorio. Logo após a implantação, é necessária a atenção e ajustes no software para contemplar um balanço entre tempo de resposta, para evitar alarmes espúrios, e excesso de notificações, com a finalidade de não se levar o programa ao descrédito. Passado este período inicial de adaptação, manutenções periódicas são necessárias apenas com o intuito de implementar novas características ou quando o sistema de telecomunicações sofre alterações.

A implementação do sistema foi facilitada pelo conhecimento específico dos equipamentos da planta que foram obtidos por treinamentos, contatos com fornecedores, manutenções, experiência, pela grande documentação presente na internet sobre a ferramenta Nagios® e ainda pela experiência de alguns colaboradores em linguagens de programação e desenvolvimento de equipamentos de telecomunicações.

#### 4.0 - PRINCIPAIS FUNCIONALIDADES UTILIZADAS

O sistema possui uma grande gama de funcionalidades intrínsecas podendo o usuário utilizá-las e ainda, caso tenha alguma necessidade diferente, podem ser implementadas novas funcionalidades. Além disso, ele conta com um grande número de extensões que podem ser encontradas na *internet* adicionando funcionalidades ao sistema sem a necessidade de implementação própria.

O fato de se poder evitar alarmes que muitas vezes são inerentes ao sistema, tais como canais ainda não ativos, e a configuração de eventos que algumas vezes não são gerados por sistemas proprietários, como por exemplo, acompanhamento de atenuações em fibras ópticas e enlaces de rádio, são muito benéficos para as equipes de manutenção. Além disso, ainda tem-se uma padronização, de quais eventos e como eles são monitorados em todos os equipamentos de um mesmo tipo, independente do fabricante ou do sistema supervisorio proprietário.

Abaixo estão listadas algumas das funcionalidades do Nagios® utilizadas na CEEE-GT:

##### 4.1 Lista de Eventos

A lista de eventos mostrada na Figura 1 coloca na tela todos os eventos ativos na rede, com esta lista facilmente podem ser identificados novos problemas e alterações na rede em tempo real.

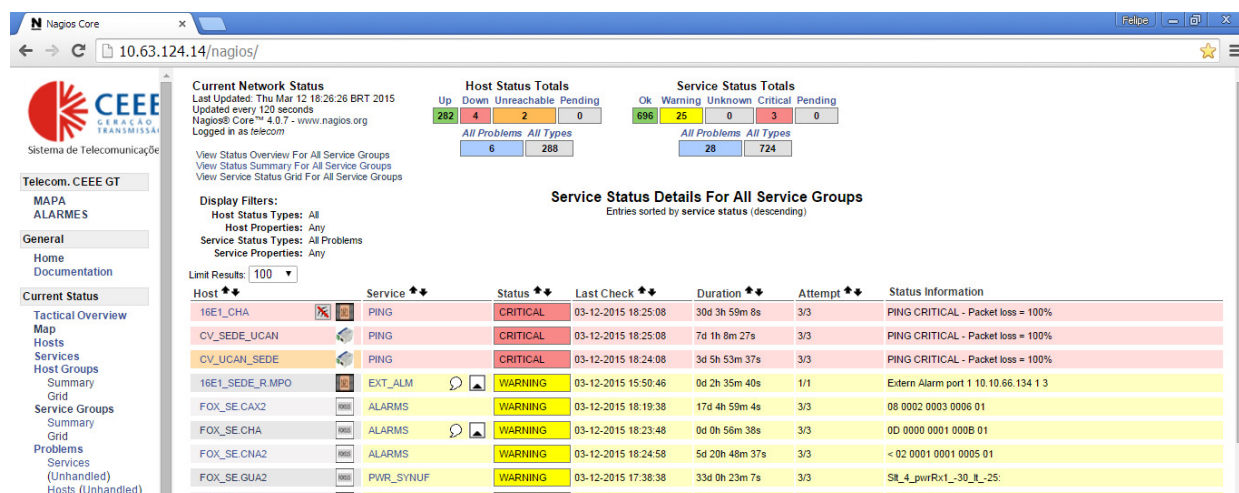


FIGURA 1 – Nagios – Lista de Alarmes

## 4.2 Mapa da Rede

O mapa é feito de forma automática pelo próprio sistema utilizando o parâmetro de parentesco, para definir onde o equipamento está conectado.

Esta funcionalidade, conforme pode ser visto na Figura 2, mostra todos os equipamentos e indica os que estão inacessíveis na rede. Ela é muito utilizada na CEEE-GT para diagnosticar problemas de forma rápida e, caso necessário, enviar equipe de manutenção para o local.

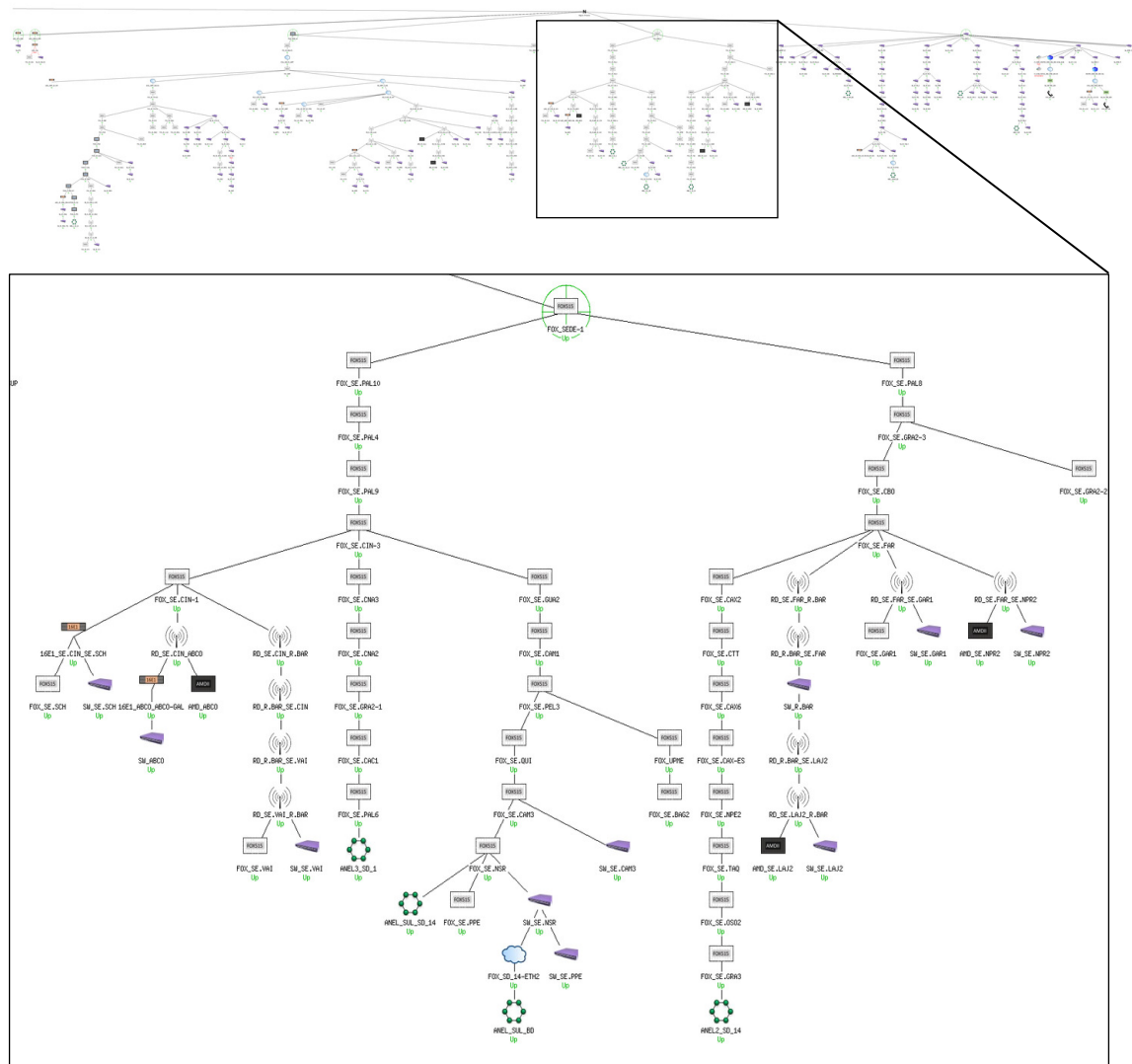


FIGURA 2 – Nagios – Mapa da rede

## 4.3 Relatórios

A ferramenta ainda possibilita que o usuário gere relatórios rapidamente. São disponibilizados relatórios de histórico de falhas, de disponibilidades de equipamentos, resumo da rede, entre outros.

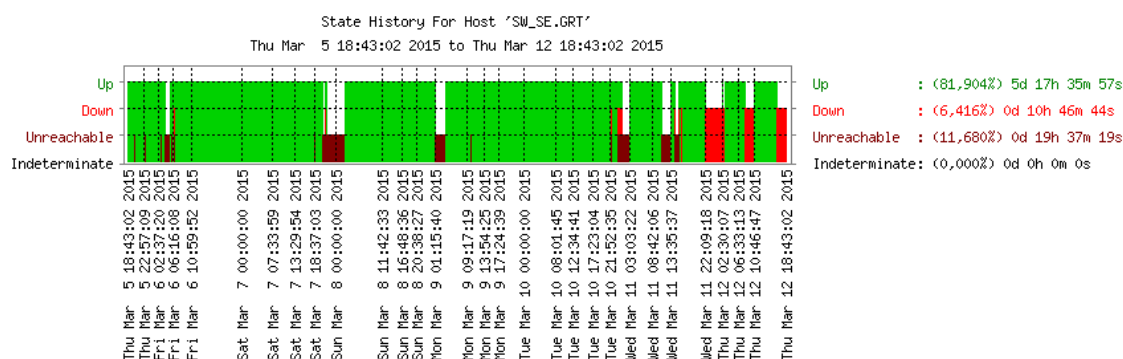
Na Figura 3 temos o exemplo de um relatório de disponibilidade gerado para alguns equipamentos da planta indicando para o período desejado o percentual de tempo em que o equipamento esteve indisponível, ou por falha do próprio equipamento, ou por falha de um equipamento do qual ele depende.

Na Figura 4 pode ser visto um gráfico de disponibilidade de um equipamento específico indicando quais os períodos e a duração de cada período de indisponibilidade, além do log de eventos deste equipamento.

### Hostgroup '16e1-group' Host State Breakdowns:

Host	% Time Up	% Time Down	% Time Unreachable	% Time Undetermined
16E1_ABCO_ABCO-GAL	99,340% (99,340%)	0,652% (0,652%)	0,008% (0,008%)	0,000%
16E1_AJAC_UJAC	100,000% (100,000%)	0,000% (0,000%)	0,000% (0,000%)	0,000%
16E1_CHA	0,000% (0,000%)	100,000% (100,000%)	0,000% (0,000%)	0,000%
16E1_DFO_SEDE	100,000% (100,000%)	0,000% (0,000%)	0,000% (0,000%)	0,000%
16E1_SE.CIN_SE.SCH	100,000% (100,000%)	0,000% (0,000%)	0,000% (0,000%)	0,000%
16E1_SE.LIV2_SE.LIV2-ES	63,058% (63,058%)	36,942% (36,942%)	0,000% (0,000%)	0,000%
16E1_SE.OSO2_SE.OSO1	100,000% (100,000%)	0,000% (0,000%)	0,000% (0,000%)	0,000%
16E1_SE.SMA1_SE.SMA-GVT	100,000% (100,000%)	0,000% (0,000%)	0,000% (0,000%)	0,000%
16E1_SE.SMT_UHPF	100,000% (100,000%)	0,000% (0,000%)	0,000% (0,000%)	0,000%
16E1_SEDE_AG.VIA	100,000% (100,000%)	0,000% (0,000%)	0,000% (0,000%)	0,000%
16E1_SEDE_DFO	100,000% (100,000%)	0,000% (0,000%)	0,000% (0,000%)	0,000%
16E1_SEDE_R.MPO	100,000% (100,000%)	0,000% (0,000%)	0,000% (0,000%)	0,000%
16E1_SEDE_SE.CAC1	100,000% (100,000%)	0,000% (0,000%)	0,000% (0,000%)	0,000%
16E1_SEDE_SE.GRA-ES	100,000% (100,000%)	0,000% (0,000%)	0,000% (0,000%)	0,000%
16E1_SEDE_SE.PAL4	100,000% (100,000%)	0,000% (0,000%)	0,000% (0,000%)	0,000%
16E1_SIT_SUL	100,000% (100,000%)	0,000% (0,000%)	0,000% (0,000%)	0,000%
16E1_UHPF_SE.SMT	100,000% (100,000%)	0,000% (0,000%)	0,000% (0,000%)	0,000%
Average	91,906% (91,906%)	8,094% (8,094%)	0,000% (0,000%)	0,000%

FIGURA 3 – Nagios – Relatório de disponibilidade



### Host State Breakdowns:

State	Type / Reason	Time	% Total Time	% Known Time
UP	Unscheduled	0d 16h 35m 57s	69,163%	69,163%
	Scheduled	0d 0h 0m 0s	0,000%	0,000%
	Total	0d 16h 35m 57s	69,163%	69,163%
DOWN	Unscheduled	0d 7h 24m 3s	30,837%	30,837%
	Scheduled	0d 0h 0m 0s	0,000%	0,000%
	Total	0d 7h 24m 3s	30,837%	30,837%
UNREACHABLE	Unscheduled	0d 0h 0m 0s	0,000%	0,000%
	Scheduled	0d 0h 0m 0s	0,000%	0,000%
	Total	0d 0h 0m 0s	0,000%	0,000%
Undetermined	Nagios Not Running	0d 0h 0m 0s	0,000%	
	Insufficient Data	0d 0h 0m 0s	0,000%	
	Total	0d 0h 0m 0s	0,000%	
All	Total	1d 0h 0m 0s	100,000%	100,000%

### State Breakdowns For Host Services:

Service	% Time OK	% Time Warning	% Time Unknown	% Time Critical	% Time Undetermined
SAVE_CFG	100,000% (100,000%)	0,000% (0,000%)	0,000% (0,000%)	0,000% (0,000%)	0,000%
Average	100,000% (100,000%)	0,000% (0,000%)	0,000% (0,000%)	0,000% (0,000%)	0,000%

### Host Log Entries:

[ View full log entries ]

Event Start Time	Event End Time	Event Duration	Event/State Type	Event/State Information
03-07-2015 00:00:00	03-07-2015 18:47:17	0d 18h 47m 17s	HOST UP (HARD)	PING OK - Packet loss = 0%, RTA = 47.71 ms
03-07-2015 18:47:17	03-07-2015 18:49:16	0d 0h 1m 59s	HOST UNREACHABLE (HARD)	CRITICAL - Host Unreachable (10.10.64.142)
03-07-2015 18:49:16	03-07-2015 20:47:11	0d 1h 57m 55s	HOST UP (HARD)	PING OK - Packet loss = 0%, RTA = 59.62 ms
03-07-2015 20:47:11	03-07-2015 21:22:30	0d 0h 35m 19s	HOST UNREACHABLE (HARD)	CRITICAL - Host Unreachable (10.10.64.142)
03-07-2015 21:22:30	03-07-2015 21:45:28	0d 0h 22m 58s	HOST UP (HARD)	PING OK - Packet loss = 68%, RTA = 215.17 ms
03-07-2015 21:45:28	03-08-2015 00:00:00	0d 2h 14m 32s	HOST UNREACHABLE (HARD)	CRITICAL - Host Unreachable (10.10.64.142)
03-08-2015 00:00:00	03-08-2015 02:24:15	0d 2h 24m 15s	HOST UNREACHABLE (HARD)	CRITICAL - Host Unreachable (10.10.64.142)
03-08-2015 02:24:15	03-09-2015 00:00:00	0d 21h 35m 45s	HOST UP (HARD)	PING OK - Packet loss = 0%, RTA = 48.13 ms
03-09-2015 00:00:00	03-09-2015 01:25:53	0d 1h 25m 53s	HOST UP (HARD)	PING OK - Packet loss = 0%, RTA = 47.32 ms
03-09-2015 01:25:53	03-09-2015 03:57:55	0d 2h 32m 2s	HOST UNREACHABLE (HARD)	CRITICAL - Host Unreachable (10.10.64.142)
03-09-2015 03:57:55	03-09-2015 13:54:25	0d 9h 56m 30s	HOST UP (HARD)	PING OK - Packet loss = 0%, RTA = 46.11 ms

FIGURA 4 – Nagios – Relatório de disponibilidade para um equipamento

## 5.0 - RESULTADOS

O sistema teve sua primeira versão de produção em julho de 2014. Apesar de pouco tempo instalado, ele já vem trazendo resultados bastante positivos para a CEEE-GT e hoje realiza o monitoramento dos equipamentos mais importantes do sistema de telecomunicações da empresa, são 698 serviços monitorados em 282 equipamentos na rede.

Antes da implementação, as equipes de plantão de telecomunicações atuavam de forma reativa após o acionamento por parte do departamento de operação do sistema elétrico de potência. Este, que enfrentava bastante dificuldade em indentificar se a falha era, de fato, no sistema de telecomunicações e ocupando um tempo considerável para comunicação entre as equipes. Havia, portanto, retardo no conhecimento a respeito da falha e na atuação para solução do problema. Além disso, eventos menos críticos não eram monitorados pelas equipes e estes algumas vezes acarretavam posteriormente em falhas mais graves no sistema.

Com a implementação do Nagios, as equipes de plantão passaram a receber notificações em tempo real via e-mail e/ou SMS a atuar de forma pró-ativa no sistema, identificando rapidamente os defeitos e muitas vezes atuando antes mesmo que a falha possa afetar e ser percebida no centro de operação do sistema elétrico, reduzindo de forma significativa a quantidade de falhas e o tempo de indisponibilidade. Além disso, quando necessário, as equipes de campo são melhores informadas sobre a falha ocorrida, atuando de maneira mais eficiente e efetiva na sua correção.

Também foram adicionadas outras funcionalidades que auxiliam muito na manutenção preditiva e pró-ativa do sistema. São monitoradas potências nos enlaces ópticos e de rádios microondas e tráfego nas portas de equipamentos ethernet. Estas funcionalidades não são providas pela grande maioria dos sistemas de supervisão proprietários e puderam ser incorporadas ao Nagios de forma customizada possibilitando a avaliação da rede e gerenciamento dos riscos de uma forma mais precisa. Dependendo da criticidade dos enlaces, estas informações das evoluções dos defeitos são utilizadas como subsídio para que seja possível a realização de uma manutenção pró-ativa do sistema. Estas funcionalidades também são muito importantes para a definição de pontos da rede que merecem mais atenção no planejamento de médio e longo prazo.

Como o sistema é facilmente customizável e flexível, ele pode ser constantemente evoluído, para que a cada novo equipamento incorporado na planta, cada novo problema encontrado que exija uma monitoração constante, ele incorpore novas funcionalidades e com isso traga cada vez mais robustez ao sistema. Hoje seu desenvolvimento e manutenção estão concentrados em mais colaboradores o que faz com que a ferramenta venha sendo melhor explorada e aperfeiçoada.

Não se pode deixar de mencionar que como o Nagios é um software de código aberto e roda sobre uma plataforma Linux, o único custo envolvido é o custo das horas de sua implementação o que traz uma grande vantagem frente à outras soluções do mercado. Também é uma solução com implementação própria, o que faz com que a empresa não dependa de contratadas para a sua evolução e manutenção.

## 6.0 - CONCLUSÃO

Com a implementação do sistema integrado de supervisão utilizando o software Nagios conseguimos ter uma melhora significativa na rede. Este sistema facilitou a notificação das equipes de plantão com a configuração de e-mails e celulares em um único local. O diagnóstico e a correção das falhas em equipamentos estão mais rápidos e precisos, os relatórios de disponibilidades são facilmente coletados, além de permitir o melhor planejamento da arquitetura do sistema de telecomunicações e uma atuação mais eficiente no que diz respeito às manutenções, entre outros benefícios.

A possibilidade de customização para o monitoramento de eventos via diversos protocolos e meios de acesso é uma vantagem da ferramenta que não pode ser desprezada e a diferencia de outras no mercado. Temos o Nagios em produção na CEEE-GT supervisionando o sistema de telecomunicações desde julho de 2014, e ele tem se mostrado uma poderosa ferramenta para atender às necessidades de monitoramento das atuais instalações do sistema de transmissão de energia elétrica.

## 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Nagios Core Documentation em <http://www.nagios.org/> - 2014
- (2) No The Nagios Book – Chris Burgess – 2005.
- (3) Monitoring Complex Telecom Systems - Muhammad Imran Mughal (Author), Razwan Javed – 13 de julho de 2010.
- (4) FOX-515 Manual 4<sup>th</sup> Edition – ABB
- (5) EXOS Command Reference Guide for Release 15.3

## 8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Felipe Tatsch

Nascido no município de Santa Cruz do Sul, RS, em 21 de novembro de 1984.

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS-RS (2009).

Empresa: Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica – CEEE-GT, desde 2011.

Atua na Equipe de Engenharia de Telecomunicações da CEEE-GT.

Igor Freitas Fagundes

Nascido no município de Bagé, RS, em 26 de setembro de 1988.

Mestre em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC Rio - RJ (2014).

Especialista em Engenharia de Redes e Sistemas de Telecomunicações pelo Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel - MG (2013).

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM -RS (2010).

Empresa: Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica – CEEE-GT, desde 2012.

Atua na Equipe de Engenharia de Telecomunicações da CEEE-GT.