



**FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC  
ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO CONTROLE E ROBÓTICA**

**FLAVIANE SANTOS GONÇALVES**

**EFETIVIDADE DA UTILIZAÇÃO DE RELÉS NUMÉRICOS NA AUTOMAÇÃO DE  
SUBESTAÇÕES DO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA**

Salvador  
2015

FLAVIANE SANTOS GONÇALVES

**EFETIVIDADE DA UTILIZAÇÃO DE RELÉS NUMÉRICOS NA AUTOMAÇÃO DE  
SUBESTAÇÕES DO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA**

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC como requisito parcial para a obtenção do Título de Especialista em Automação Controle e Robótica.

Professor Orientador: Frederico Ramos Cesário, Msc

Salvador  
2015

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Centro Universitário SENAI CIMATEC

G589e Gonçalves, Flaviane Santos

Efetividade da utilização de relés numéricos na automação de subestações do sistema elétrico de potência / Flaviane Santos Gonçalves. – Salvador, 2015.

35 f. : il. color.

Orientador: Prof. MSc. Frederico Ramos Cesário.

Coorientador: Prof. Dr. Oberdan Rocha Pinheiro.

Monografia (Especialização em Automação, Controle e Robótica) – Programa de Pós-Graduação, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2015.

Inclui referências.

1. Automação. 2. Relés eletromecânicos. 3. Subestações. 4. Energia elétrica.  
I. Centro Universitário SENAI CIMATEC. II. Cesário, Frederico Ramos. III. Pinheiro, Oberdan Rocha. IV. Título.

CDD: 629.8

**FLAVIANE SANTOS GONÇALVES**

**EFETIVIDADE DA UTILIZAÇÃO DE RELÉS NÚMERICOS NA AUTOMAÇÃO DE  
SUBESTAÇÕES NO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA**

Projeto Final de Curso aprovado com nota 8,5 (oito) como requisito de Especialista em Automação, Controle e Robótica, tendo sido julgado pela Banca Examinadora formada pelos Professores:

---

**Msc. Frederico Ramos Cesario – Orientador**  
**Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC**

---

**Msc. Oberdan Rocha Pinheiro – Professor**  
**Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC**

Salvador, 21 de dezembro de 2015

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me conceder a oportunidade de alcançar mais uma vitória na minha vida.

Aos meus pais pelo apoio, educação e incentivo aos estudos.

Aos colegas da Pós-Graduação, que me acompanharam nesta jornada.

Ao professor Frederico Ramos Cesário, orientação na monografia.

Aos professores desta instituição que contribuíram para minha formação acadêmica.

Ao professor Oberdan Rocha Pinheiro, pela disponibilidade para as resalvas na monografia.

Enfim, a todos que de alguma forma me ajudaram a trilhar este maravilhoso caminho para a minha formação profissional.

## **RESUMO**

Este trabalho propõe apresentar o controle, monitoramento e funções de proteção para uma subestação com tensão de 69Kv. Substituindo relés eletromecânicos por novas tecnologias utilizadas em automação de subestações, bem como sua aplicação em relés numéricos e seus protocolos de comunicação em redes industriais para visualização através de supervisórios. Oferecendo maior operacionalidade, confiabilidade e menor custo na implementação nas subestações de energia elétrica.

Palavras-chave: Automação, Relés Eletromecânicos, Subestações, Energia Elétrica.

## **ABSTRACT**

This work proposes to present the control, monitoring and functions of protection for substation with a voltage of 69 Kv. Replacing electromechanical relays by new technologies used in substations automation as well as their application in numeric relays and their communication protocols in industrial networks for viewing through supervisory. Offering greater operability, reliability and lower cost in the implementation in electrical power substations.

Key words: Automation, electromechanical relays, substations, electrical power.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|     |                                      |
|-----|--------------------------------------|
| DSP | Processador de Sinal Digital         |
| IP  | Protocolo de internet                |
| TC  | Transformador de Corrente            |
| TCP | Protocolo de Controle de Transmissão |
| TP  | Transformador de Potencial           |

## LISTAS DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Transformador de potencial .....  | 14 |
| Figura 2: Transformador de corrente.....  | 15 |
| Figura 3: Para-raios.....   | 15 |
| Figura 4: Disjuntor .....   | 16 |
| Figura 5: Transformador de força.....   | 16 |
| Figura 6: Chave seccionadora.....   | 17 |
| Figura 7: Resistor de Aterramento .....   | 17 |
| Figura 8: Retificador .....   | 18 |
| Figura 9: Retificador .....   | 18 |
| Figura 10: Banco de baterias .....  | 19 |
| Figura 11: Painel elétrico.....   | 20 |
| Figura 12: Relé eletromecânico.....   | 21 |
| Figura 13: Relé estático .....  | 22 |
| Figura 14: Relé digital .....   | 22 |
| Figura 15: Relé numérico .....  | 23 |
| Figura 16: Relé numérico .....  | 23 |
| Figura 17: Slots ou placas de comunicação.....                                      | 24 |
| Figura 18: Registro de oscilografia.....  | 25 |
| Figura 19: Sequencial de eventos .....  | 26 |
| Figura 20: Painel com relés eletromecânicos.....                                    | 27 |
| Figura 21: Vista interna do painel.....   | 27 |
| Figura 22: Transformador de corrente (TC), conectado a rede primária .....          | 28 |
| Figura 23: Cabos do secundário transformador de corrente (TC), conectados ao relé . | 28 |
| Figura 24: Switch de comunicação.....   | 29 |
| Figura 25 Processador de comunicação .....  | 29 |
| Figura 26: Painéis com relés eletromecânicos e numéricos .....                      | 30 |

## LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Relação das 10 principais causas de desligamentos na subestação ... 31

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>10</b> |
| <b>CAPÍTULO I – ELEMENTOS BÁSICOS PARA OPERAÇÃO DE UMA SUBESTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA .....</b>                               | <b>14</b> |
| <b>CAPÍTULO II - EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DOS RELÉS.....</b>  | <b>21</b> |
| <b>CAPÍTULO III – CONDIÇÕES PARA FUNCIONAMENTO E OPERAÇÃO DOS RELES NUMERICOS EM UMA SUBESTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA .....</b> | <b>27</b> |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES .....</b>   | <b>33</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>34</b> |

## INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico presente na área industrial cresce com o passar dos anos, com inovações que permitem maior segurança e menos exposição do executante, que pode ser notado com a implantação de equipamentos inteligentes, permitindo realizar ações para tomada de decisão quando trata-se de operações realizadas no sistema elétrico de potência.

Nota-se que atualmente as subestações de energia elétrica passaram a substituir o relés eletromecânicos por relés numéricos. Estes têm como objetivo realização da proteção da subestação de maneira mais eficaz quando comparado com o relé eletromecânico que por sua vez ocupa mais espaço devido a necessidade de utilizar muitos cabos de alimentação. Além da incapacidade da realização de uma operação remota pois, as subestações encontram-se instaladas muitas vezes a longas distâncias da central de operação.

Com a utilização dos relés numéricos os operadores podem enviar comandos imediatos, evitando o deslocamento desnecessário de uma equipe, diminuindo custos e evitando a exposição do executante. Esta implantação permite também uma maior segurança na execução de manobras de campo com a saída da zona de risco, podendo operar diretamente no painel e não no equipamento instalado na subestação. Os relés numéricos permitem também uma monitoração de valores analógicos, informações digitais, análise de oscilografia que podem ser utilizados para estudos do sistema elétrico, além de visualizar sinalização de status reais da subestação.

Portanto, a inovação das subestações com a substituição de relés eletromecânicos por relés numéricos passa a ser um investimento a principio com alto custo mas, que logo nota-se o seu benefício a longo prazo para a segurança e execução das atividades de maneira eficiente.

Esta pesquisa foi dividida em 3 capítulos, o primeiro capítulo trata dos elementos básicos de uma subestação de energia elétrica, mostrando seus principais equipamentos. Já o segundo capítulo aborda a evolução tecnológica dos relés, indispensável nos dias atuais.

O terceiro capítulo apresenta as condições de funcionamento e operação de relés numéricos em uma subestação de energia elétrica.

## **Objetivo**

Substituir relés eletromecânicos por reles numéricos, para a melhoria do sistema elétrico da empresa.

### **Objetivo Geral**

Aplicar o uso de relés numéricos nas subestações, possibilitando uma melhor análise do sistema elétrico em caso da falta de energia através, da central de operações e minimizar as perdas da produção.

### **Objetivos Específicos**

- Realizar comissionamento na subestação;
- Implementar um sistema Scada;
- Substituir relés eletromecânicos por relés numéricos;
- Analisar a redução do tempo de atendimento das ocorrências em campo através dos indicadores de falta de energia;
- Visualizar em tempo real a situação da subestação permitindo a normalização do sistema elétrico.

### **Justificativa**

O projeto proposto para a automação de subestações de energia elétrica tem várias etapas, desde o comissionamento até a comunicação final através de supervisor. A operação do sistema elétrico em sua totalidade é de fundamental importância para a produtividade e faturamento das empresas que tem como fonte principal a energia elétrica. Normalmente, em subestações antigas utiliza-se relés eletromecânicos que apresentam desgastes e falta de calibração em seus ajustes de proteção. No entanto, para verificar a falta de energia tem-se a necessidade de deslocamento até a subestação para analisar a proteção atuada ou energizar o alimentador e a partir de então a equipe de campo percorrer o trecho, muitas vezes por longas distâncias para identificar a causa do desligamento do alimentador. Por esse motivo, a

implementação de relés digitais em subestações de energia proporcionam a identificação de desligamentos, oscilografias, localização de distância, monitoração de medidas analógicas, proteção atuada entre outros. Permitindo que as ocorrências com duração de algumas horas sejam normalizadas em menor tempo devido a distância e localização da subestação, evitando o deslocamento muitas vezes desnecessário do eletricitista até a subestação.

### **Metodologia**

A metodologia utilizada para este projeto foi um estudo de caso, com a base da coleta de dados em campo, no qual verifica o comportamento da atuação dos relés numéricos.

## CAPÍTULO I – ELEMENTOS BÁSICOS PARA A OPERAÇÃO DE UMA SUBESTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Devido ao grande avanço tecnológico na área industrial, surgiu então a necessidade da modernização para um melhor resultado e ganho de desempenho das instalações.

O sistema elétrico de potência tem como principal objetivo a geração e o fornecimento de energia elétrica dentro dos padrões estabelecidos com segurança, confiabilidade e economia para os consumidores finais. E para alcançar estes padrões surge a necessidade de dimensionamento deste sistema que tem custos elevados devido aos tipos de equipamentos utilizados nas redes e subestações de energia elétrica. Mas, apesar dos inúmeros investimentos realizados o sistema sempre estará sujeito a ocorrências e faltas inesperadas.

E para conseguir a proteção dos equipamentos de um sistema de potência são necessários a utilização de relés que registram variáveis do sistema e podem ser classificados a depender da sua aplicação, em conjunto com outros equipamentos para ao funcionamento adequado. Alguns destes equipamentos são definidos abaixo:

**Transformador de Potencial:** É um transformador onde o enrolamento primário é ligado a um circuito elétrico na rede de tensão utilizada na subestação e o enrolamento secundário é destinado a energizar instrumentos elétricos em baixa tensão de proteção e controle como os relés. A figura 1 ilustra o transformador de potencial.



Figura 1: Transformador de Potencial.

**Transformador de Corrente:** A sua conexão funciona como o Transformador de Potencial (TP) É um transformador onde o enrolamento primário é ligado a um circuito elétrico na rede de tensão utilizada na subestação e o enrolamento secundário é destinado a energizar instrumentos elétricos em baixa tensão de proteção e controle como os relés. A figura 2 ilustra o transformador de corrente.



**Figura 2: Transformador de Corrente.**

**Para-raios:** Dispositivo com a finalidade de limitar os valores de tensão presentes na rede elétrica evitando danos aos equipamentos elétricos presentes na subestação. A Figura 3 ilustra o para-raio.



**Figura 3: Para-raios.**

**Disjuntores:** Principal dispositivo de manobra e segurança, utilizado nas redes elétricas, permitindo acionamento independente das condições de operação. Protegendo o principal equipamento da subestação o transformador. Estes são classificados como: Disjuntores a óleo, Disjuntores a SF6, Disjuntores de Ar Comprimido e Disjuntores a Vácuo. A Figura 4 ilustra o disjuntor.



**Figura 4: Disjuntor.**

**Transformador de Força:** Utilizados para geração transmissão e distribuição de energia possuem meio isolante para evitar formação do arco elétrico e consequentemente a queima do equipamento. A Figura 5 ilustra o transformador de força.



**Figura 5: Transformador de Força.**

**Chave seccionadora:** Utilizada para realizar manobras com abertura e fechamento a depender do tipo de carga utilizada na instalação. Podendo estas chaves ser de entrada, saída, by-pass entre outras. A Figura 6 ilustra a chave seccionadora.



**Figura 6: Chave Seccionadora.**

**Resistor de Aterramento:** Equipamento utilizado para limitar a passagem de corrente evitando danos ao transformador. A Figura 7 ilustra a resistor de aterramento junto ao transformador.



**Figura 7: Resistor de Aterramento.**

**Retificadores:** São utilizados nas subestações para manter a operacionalidade de equipamentos que dependem de tensão contínua, já que o mesmo tem o papel de converter a tensão alternada fornecida pela rede elétrica em contínua. Operam em conjunto com o banco de baterias evitando a dependência da rede da concessionária, evitando uma menor perda no desligamento da subestação pois, mantêm as proteções ativas, sinalizações identificadas, permite efetuar manobras entre outros. As Figuras 8 e 9 ilustram os modelos de retificadores utilizados em subestações.



**Figura 8: Retificador.**



**Figura 9: Retificador.**

**Banco de baterias:** Utilizado para emergência em caso de falta de energia, garantindo o suprimento de painéis de automação, sistema de telecomunicações e outros, por um determinado período permitindo também a normalização da subestação. A Figura 10 ilustra o banco de baterias.



**Figura 10: Banco de Baterias.**

**Serviços Auxiliares:** São sistemas compostos por equipamentos que possam manter a confiabilidade das subestações mantendo em operação por um maior período até a normalização da rede fornecida pela concessionária.

**Painel Elétrico:** Estruturas montadas com equipamentos que permite controle, proteção e medição a depender da sua aplicação no sistema elétrico. São nestes painéis que podemos encontrar o relé, informando a atuação da proteção específica para cada equipamento. A Figura 11 ilustra o painel dentro da subestação.



**Figura 11: Painel Elétrico.**

Os componentes citados acima fazem parte dos principais equipamentos encontrados nas subestações, podemos verificar que todos os itens tem o objetivo de segurança e proteção e para complementar faz-se necessário a inclusão de novas tecnologias dos relés que será descrito no próximo capítulo.

## CAPÍTULO II - EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DOS RELÉS

A aplicação de relés digitais nas indústrias tornou-se possível através do Transformador de Potencial (TP) e o Transformador de corrente (TC), com fundamental importância na medição, proteção e controle instalados nas subestações pois, são projetados para manter a exatidão na tensão de saída na tensão e corrente secundária. Ambos transformadores tem o objetivo de transformar os valores altos de tensão e corrente para valores compatíveis para que os relés possam efetuar a sua devida leitura, atuação das proteções, visualização das variáveis analógicas e outros. E diante das evoluções com o tempo foram surgindo os relés para a utilização conforme a necessidade como apresentado abaixo:

**Relé Eletromecânico:** Tem o seu funcionamento quando uma força mecânica é aplicada através da passagem de corrente nos invólucros magnéticos.

O princípio de isolamento galvânico evita o fluxo de corrente, nas saídas e entradas tornando o investimento deste equipamento com menor custo e segurança, mas, que necessita de uma calibração regular perdendo um pouco a confiabilidade no sistema. A Figura 12 ilustra o relé eletromecânico.



Figura 12: Relé eletromecânico.

**Relé Estático:** surgiram nos anos 60 e são construídos com componentes eletrônicos dispensando o acionamento mecânico precisando de uma fonte de alimentação confiável em corrente contínua, mais confiável do que o relé eletromecânico e necessita de maior quantidade para atender o projeto. Além, de contribuir na melhoria da ocupação de espaços nas instalações. A Figura 13 ilustra o relé estático.



**Figura 13: Relé Estático.**

**Relé Digital ou Microprocessado:** A introdução de relés de proteção digitais foi um avanço na tecnologia por volta de 1980 com o uso de microprocessadores e microcontroladores que substituíram os circuitos analógicos utilizados nos relés estáticos na implementação das funções de proteção. Capacidade de processamento, podem ser considerados como a tecnologia corrente para muitas aplicações. Entretanto, os microprocessadores utilizados nos relés digitais têm uma capacidade de processamento e armazenamento limitada, ficando restrita basicamente à função de proteção. A Figura 14 ilustra o relé digital.



**Figura 14: Relé digital.**

**Relé Numérico:** Evolução do relé digital. Chamado de solução caixa única. Utilizam um processador de sinal digital (DSP), especializado como hardware computacional, juntamente com ferramentas de software permitindo processamento em tempo real. Redução contínua no custo dos microprocessadores e dos componentes digitais (memória, entradas e saídas etc.). Utilização de um único equipamento com uma variedade de funções. Economia de espaço com a utilização de relés. As Figuras 15 e 16 ilustram o relés numéricos.



Figura 15: Relé Numérico.

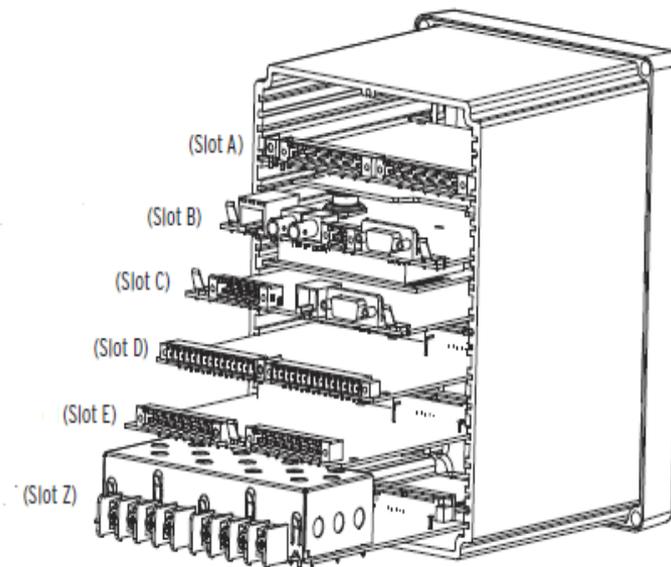


Figura 16: Relé Numérico.

Devido a evolução o relé numérico passou a apresentar características importantes para o seu funcionamento como as listadas abaixo:

- Velocidade de processamento de dados;
- Conversão de sinal analógico em digital;
- Utilização de algoritmo matemático para atuação da proteção;
- Monitoração e acesso remoto;
- Solução caixa única;
- Leitura e monitoração de medidas analógicas;
- Localização da distância do evento;
- Análise de oscilografias com identificação das proteções atuadas e pontos digitais.

A figura 17 ilustra as placas de comunicação para caixa única em relés numéricos.



**Figura 17: Slots ou placas de comunicação.**

E como parte da implementação encontrada em relés numéricos a figura 18 ilustra o registro de uma oscilografia.

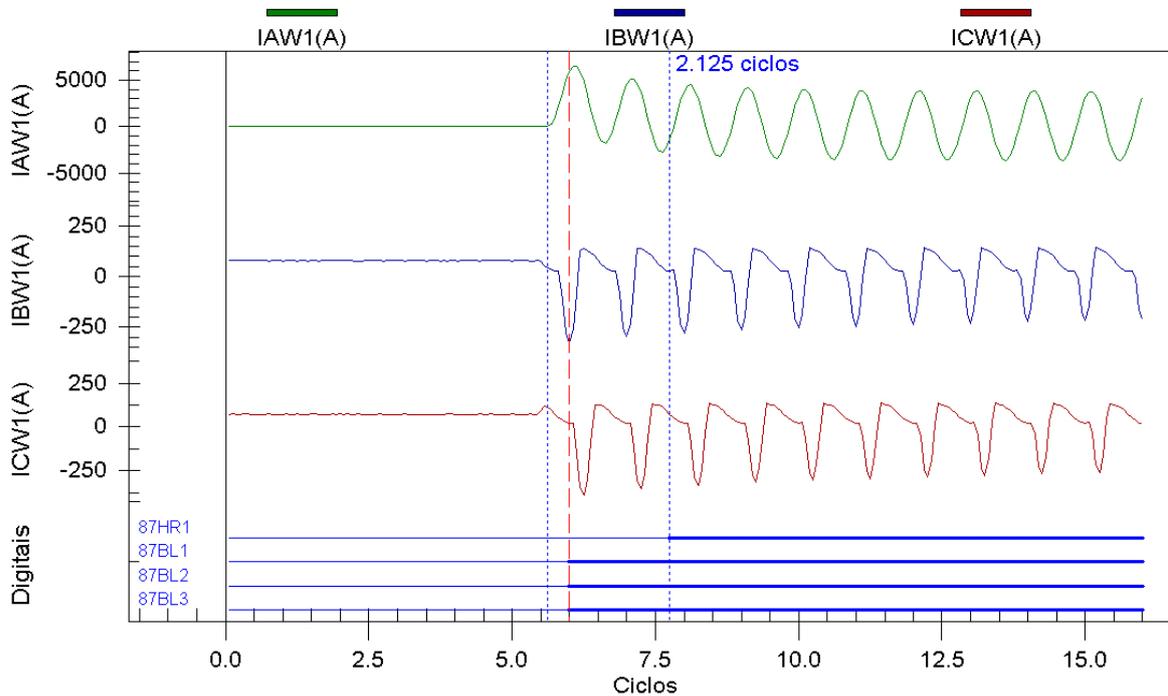


Figura 18: Registro de oscilografia.

Além da oscilografia outra maneira de análise de eventos disponibilizados pelo relé verificamos o sequencial de eventos que pode ser visualizado pelo operador e identificar qual foi a primeira atuação para a ocorrência ilustrado pela figura 19.

|   |            |              |          |          |
|---|------------|--------------|----------|----------|
| 5 | 01/27/2002 | 19:16:24.133 | STARTING | Asserted |
| 4 | 01/27/2002 | 19:16:37.088 | 49A      | Asserted |
| 3 | 01/27/2002 | 19:16:37.088 | OUT1     | Asserted |
| 2 | 01/27/2002 | 19:16:39.084 | 49T      | Asserted |
| 1 | 01/27/2002 | 19:16:39.084 | TRIP     | Asserted |

Figura 19: Sequencial de eventos.

Este capítulo tratou da evolução dos relés até o presente momento, a seguir apresentado as condições para funcionamento e operação destes relés em uma subestação.

### **CAPÍTULO III – CONDIÇÕES PARA FUNCIONAMENTO E OPERAÇÃO DOS RELÉS NUMÉRICOS EM UMA SUBESTAÇÃO**

Para a real implantação de um sistema de comunicação com relés numéricos foi necessário realizar um levantamento das necessidades da subestação juntamente a empresa responsável pelo fornecimento dos relés numéricos e a retirada dos relés eletromecânicos. As figuras 20 e 21 ilustram os painéis com relés eletromecânicos para substituição com relés numéricos na subestação.



**Figura 20: Painel com relés eletromecânicos.**



**Figura 21: Vista interna do painel eletromecânico.**

Após a escolha ideal realizou-se o lançamento de cabos para alimentação dos equipamentos instalados na subestação. As figuras 22 e 23 ilustram a alimentação dos cabos em transformadores de corrente na rede primária o qual permite a transformação das correntes para valores menores no secundário para uma possível conexão na parte traseira do relé. O mesmo ocorre para o Transformador de Potencial (TP).



**Figura 22: Transformador de Corrente (TC), conectado a rede primária.**

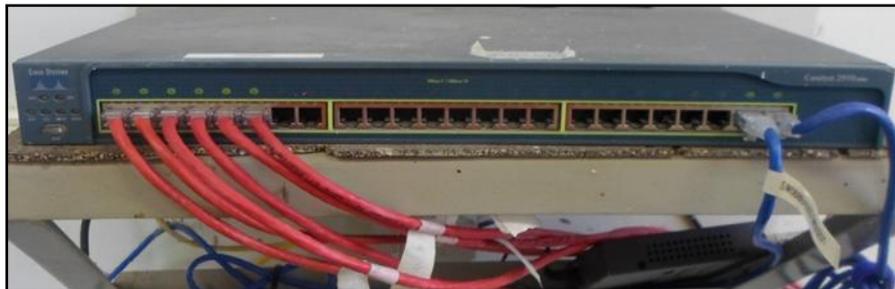


**Figura 23: Cabos do secundário do Transformador de Corrente (TC) conectados ao relé.**

A implantação de relés numéricos permite um funcionamento não só local mas, também remotamente, ou seja, de uma central de operações minimizando o tempo de normalização principalmente em se tratar de subestações a longas distâncias. Cada relé instalado foi parametrizado conforme estudo de proteção do sistema

elétrico o qual pode ser modificado através de software disponibilizado pelo fabricante permitindo um controle de dados inseridos.

E para conseguir a comunicação entre a subestação e a central foi realizado um comissionamento permitindo a realização de testes de abertura e fechamento de disjuntores além, de visualização de variáveis analógicas e digitais nos equipamentos disponíveis na subestação. Utilizou-se o protocolo de comunicação Transmission Control Protocol/Internet (TCP/IP), pois utilizam os protocolos mais utilizados no mercado como Modbus, DNP3, IEC61850 e OPC, que através de sua numeração Internet Protocol (IP) permite o link com o uso de switch na porta em que foi configurada conforme o projeto. Esta comunicação só pode ser concluída com o uso de um processador de comunicação e enlace de rádio, realizando a troca de informações entre a central e a subestação. As Figuras 24 e 25 ilustram o switch e processador de comunicação disponível para comunicar com a central de operações.



**Figura 24: Switch para comunicação.**



**Figura 25: Processador de comunicação com relés.**

Com a instalação dos relés numéricos pode-se notar o melhor aproveitamento do espaço da subestação além da redução da quantidade de cabos. Antigamente para cada alimentador/disjuntor eram utilizados dois painéis de relés eletromecânicos e

atualmente utiliza-se dois painéis com todos os alimentadores. Como pode ser mostrado na figura 26.



**Figura 26: Painéis com relés eletromecânicos e numéricos.**

Para a modificação e instalação de houveram algumas dificuldades como:

- O deslocamento das equipes todos os dias devido a longa distância da subestação;
- Retirada dos painéis e cabos em grandes quantidades;
- Animais peçonhentos;
- Risco de choque elétrico;
- Dificuldades da equipe de manutenção e dos operadores da central com a nova tecnologia implantada.

E para ambientar as equipes foram realizados treinamentos com os procedimentos de manobras além, de sinalizar os principais itens dos relés para o manuseio correto nas instalações da subestação.

Com a instalação dos relés numéricos foi possível notar uma redução do número de ocorrências devido a intervenção da central através de comando remoto, nos

momentos de desligamento evitando o deslocamento da equipe para normalização do sistema. Este monitoramento através da central tornou-se aplicável através de protocolos de comunicação utilizados para montagens de telas no supervisor com o plataforma windows com o sistema Scada permitindo operações e visualização de sinalização on-line da subestação.

Com a aplicação de novas tecnologias notou-se melhoria na diminuição dos atendimentos para normalizar as ocorrências atualmente com maior redução. Isto deve-se também a manutenção preventiva e a substituição de equipamentos obsoletos e defeituosos por novos. A tabela 1 ilustra as principais causas dos desligamentos nas subestações

| <b>CAUSAS</b>                          | <b>QUANTIDADE</b> |
|--|-------------------|
| <b>1. Falha Sistema Cliente</b>        | 43                |
| <b>2. Em Avaliação</b>                 | 42                |
| <b>3.Desligamento Programado Redes</b> | 31                |
| <b>4. Transporte Tanque SPT</b>        | 20                |
| <b>5. Vazamento Pára-raios</b>         | 18                |
| <b>6. Descarga Atmosférica Direta</b>  | 15                |
| <b>7. Folga Contato Chave Rede</b>     | 14                |
| <b>8. Vazamento de Corta circuito</b>  | 10                |
| <b>9. Passagem Aberta</b>              | 8                 |
| <b>10. Animal na Linha</b>             | 6                 |

**Tabela 1: Relação das 10 principais causas de desligamentos nas subestações.**

Considerando que um metro cúbico do barril de petróleo equivale a aproximadamente 6,28 barris, em apenas um mês os desligamentos com a demora no restabelecimento do sistema elétrico pode-se perder 1.446,598 barris de óleo. E com o valor do barril a R\$158,31, teremos um prejuízo de R\$ 229.010,929 mensal. Logo, a além da diminuição no tempo de atendimento da ocorrência e da frequência dos desligamentos, houve também uma redução significativa na perda de óleo atribuídas as ocorrências. Então, após instalação e modernização das subestações

nota-se claramente a redução destas perdas identificadas anualmente e a importância de relés numéricos instalados em locais de grande produção de petróleo.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES**

Esta pesquisa abordou a implantação de relés numéricos em subestações para monitoração e execução de manobras a longas distâncias. Com isso a quantidade de desligamentos intempestivos diminuiu, o tempo de duração das ocorrências para a normalização do sistema elétrico evitando perdas de produção. A princípio houve resistência a mudança mas, que foram tratadas com treinamentos e criação de procedimentos para utilização e manuseio dos relés. Para melhorias futuras a comunicação através de protocolos existentes será primordial para o tempo de atuação de abertura e fechamento o que influencia bastante a diferença de micro segundos para o sistema elétrico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SELINC. Automação elétrica. Boletim online SEL de 03 de julho de 2012. Disponível em: <[www.selinc.com.br](http://www.selinc.com.br)>. Acesso em 05 de jul. 2015.

Estudo de Caso, “Constatação da Importância dos Relés Digitais de Proteção nas Instalações de Usinas de Petróleo e Gás”, Marathon Oil Yates Field and Indian Basin Gas Plants—Iraan, Texas and Lakewood, New Mexico, Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. Disponível em: <[www.selinc.com.br](http://www.selinc.com.br)>. Acesso em 26 de ago. 2015.

CAMINHA, A.C. Introdução à proteção dos sistemas elétricos. Rio de Janeiro, Editora Blucher Ltda, 1983.

Amit Aggarwal, T. Sai Kumar, KVH Rao, N.Yellamandamma “Low Cost Solution for Automation and Control of MV Substation using MODBUS-SCADA”, Third International Conference on Power Systems, Kharagpur, INDIA December, 2009

A. Guzman “Melhore a Confiabilidade do Sistema de Potência Usando Relés de Proteção Multifunção”, Schweitzer Engineering Laboratories, Inc, Pulman, WA 99163. Disponível em: <[www.selinc.com.br](http://www.selinc.com.br)>. Acesso em 10 de ago. 2015.

A. Guzman, N. Fischer, C. Labuschagne “ Melhorias no Controle e Proteção de Transformadores”, Schweitzer Engineering Laboratories, Comercial Ltda. Disponível em: <[www.selinc.com.br](http://www.selinc.com.br)>. Acesso em 26 de ago. 2015.

RUSH, Peter. Proteção e automação de redes: conceito e aplicação. São Paulo: Editora Blucher: Schneider, 2011.

G. Rocha, D. Dolezilek, F. Ayello, C.Oliveira “Sistemas de Monitoramento de subestações e Distribuição”, Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. Disponível em: <[www.selinc.com.br](http://www.selinc.com.br)>. Acesso em 26 de ago. 2015.

E. Zanirato “Vantagens Adicionais Para a Equipe de Manutenção com a Utilização de Relés Microprocessados”, Schweitzer Engineering Laboratories, Comercial Ltda. Disponível em: <[www.selinc.com.br](http://www.selinc.com.br)>. Acesso em 10 de ago. 2015.