

# Automação dos testes e do gerenciamento da manutenção de relés, medidores e transdutores

P. S. Pereira; G. E. Lourenço; M. A. Choqueta; S. G. Campos; L. H. P. Junior

**Resumo** – Este artigo apresenta o resultado do investimento de P&D entre uma concessionária de energia elétrica e um fabricante de instrumentos de testes de relés nacional, que teve como resultado um instrumento altamente competitivo em termos de custo e de potencialidades técnicas (valores de exatidão, corrente, tensão e potência) incorporando praticamente todos os recursos que os produtos importados possuem.

**Palavras-chave:** Automação dos Testes de Relés de Proteção; Gerenciamento da Manutenção de Relés de Proteção.

---

Este trabalho teve o apoio financeiro da ESCELSA – Espírito Santo Centrais Elétricas S. A. (Programa de P&D/ANEEL – ciclo 2003/2004).

P. S. Pereira é Phd em Engenharia Elétrica, MscEng e diretor técnico da CONPROVE Indústria e Comércio.

G. E. Lourenço é Engenheiro Eletricista especialista formado pela UFU; trabalha no setor de Pesquisa e Desenvolvimento da CONPROVE Indústria e Comércio.

M. A. Choqueta é técnico especialista e trabalha no setor de desenvolvimento da CONPROVE Indústria e Comércio.

S. G. Campos é Engenheiro Eletricista formado pela UFU; trabalha no setor de Desenvolvimento de Software da CONPROVE Indústria e Comércio.

L. H. P. Junior é Engenheiro Especialista da ESCELSA.

## I. INTRODUÇÃO

Hoje no sistema brasileiro estão sendo utilizados instrumentos de testes de relés microprocessados de diversos fabricantes principalmente da Europa e dos USA. O alto custo destes instrumentos e as características de cada fabricante têm dificultado os investimentos por parte das empresas do setor. O grande benefício esperado pela introdução em grande escala destes instrumentos, que seria a automação dos testes por procedimentos sistêmicos e únicos, têm deixado de ser alcançado, uma vez que diferentes fabricantes utilizam rotinas de testes diferentes, e nem todos os fabricantes disponibilizam os editores de função para desenvolvimento de rotinas de testes. Além do procedimento sistêmico, a grande vantagem da automação dos testes é o armazenamento dos resultados em um banco de dados, que possa ser controlado permitindo o gerenciamento da manutenção dos relés através dos indicadores de erros obtidos nos testes.

A necessidade de se ter no mercado um equipamento de baixo custo, capaz de oferecer praticamente todos os recursos disponíveis nos similares importados, como

também a expectativa de poder sistematizar os testes e armazená-los de forma a permitir o gerenciamento da manutenção, culminou num projeto P&D, somando as experiências de usuários e fabricante. Como resultado, foi desenvolvido um equipamento de teste altamente competitivo, capaz de processar testes automáticos em relés de sobrecorrente, relés direcionais, relés de distância, medidores e transdutores, além de permitir a edição de rotinas de testes e o controle manual total dos sinais gerados.

Como este projeto foi desenvolvido envolvendo usuários e fabricantes aqui no Brasil, foi possível que o banco de dados resultante do armazenamento dos resultados dos testes pudesse ser trabalhado para que a efetiva gerência da manutenção dos relés pudesse ser implementada. Um software foi desenvolvido com o conceito de cliente e servidor, permitindo a transmissão dos resultados dos testes processados por equipamentos de várias regionais (cliente), para um computador que mantém a base de dados do sistema (servidor) permitindo assim o gerenciamento da manutenção.

## II. ESTRUTURA DO EQUIPAMENTO

A figura 01 abaixo ilustra o equipamento desenvolvido sendo utilizada no teste de um relé de distância.



Figura 01 – Equipamento em uso

Ele foi estruturado com três canais de tensão e e três canais de corrente. Esforços estão sendo feitos agora para tornar os amplificadores reversíveis de modo que ele possa gerar seis sinais de corrente viabilizando os testes nos

modernos relés diferenciais numéricos. Assim ele permite atender todos os tipos de relés de proteção. As características técnicas dos amplificadores de tensão e corrente são:

- Amplificador de corrente (Figura 02):  
Corrente máxima: 12,5 Arms permanente e 15 Arms transitório (por 2 minutos)  
Potência: 75 W permanente e 100 W transitório (por 2 minutos)  
Exatidão: Melhor que 0,1% FE.



Figura 02 – Módulo do amplificador de corrente

- Amplificador de Tensão (Figura 03):  
Tensão máxima: 300 Vrms  
Potência: 75 W  
Exatidão: Melhor que 0,1% FE.



Figura 03 – Módulo do amplificador de tensão

O instrumento foi concebido para trabalhar com placas da NI, que operam diretamente no barramento PCMCIA do notebook, de modo que libera as saídas seriais e USB do notebook para conectar ao relé, permitindo sua parametrização sem a necessidade de dois notebooks.

Através de conexões dos seis amplificadores de corrente em paralelo, pode-se obter 90 Arms com cerca de 450 VA. A conexão das fontes de tensão em série com inversão de polaridade permite obter até 600 Volts com 150VA.

O instrumento dispõe de 08 interfaces para detectar atuação de relés (Entradas Binárias), programáveis por software, capaz de detectar atuação de contato seco NA/NF ou por tensão. Para contato por tensão, o nível de tensão de atuação pode ser programável, de 1 a 600V. Possui 04 saídas temporizadas (Saídas Binárias), para partidas externas, que podem ser programadas para serem disparadas pela partida da geração ou pela atuação de uma determinada interface, elas podem ser temporizadas ou não, e ainda ser configuradas como NA ou NF. A temporização ocorre em uma faixa de 1ms à 999s. O instrumento poderá dispor também de partida sincronizada por GPS, sendo que o GPS, pode ser escolhido pelo usuário sendo que o único requerimento é que ele produza um pulso de 5 Volts, para disparar a partida.

O instrumento incorporou também bornes de entrada para medição de sinais de tensão (até 440 V) e de corrente (até 1000 A por Clamp), permitindo realizar oscilografia do sinal medido e análise da qualidade da energia, com armazenamento direto para o HD do notebook.

### III. SOFTWARES DE TESTES AUTOMÁTICOS

Através de softwares específicos, o equipamento permite realizar testes automáticos em relés de sobrecorrente, software Sobrecor.exe; relés diferencial, software Diferenc.exe; e relés de distância, software Distanc.exe.

Os softwares de teste automáticos trabalham com bancos de dados, armazenando os dados de parametrização dos relés e os resultados dos testes (histórico). Cada software tem um cadastro específico, armazenado em um banco próprio e independente. Nesses softwares o usuário deve primeiro criar um modelo do relé que será testado. Esta criação é feita no cadastro de modelos comerciais de relés. Neste cadastro o usuário define quais são os ajustes permitidos para o relé, como por exemplo: o número de fases, enrolamento ou zonas do relé; os taps permitidos; quais as faixas dos multiplicadores de taps e resolução; com quais normas e curvas o relé trabalha; classe de exatidão; etc. Cadastrado o modelo do relé, o usuário deve definir quais os ajustes de parametrização específico de relé que será testado. Esta definição é feita no cadastro do relé da empresa. Neste cadastro o usuário define a parametrização do relé os dados de identificação e localização do relé (número de companhia ou patrimônio e local de instalação).

Com o relé cadastrado os testes podem então ser executados. Numa tela de seleção de testes, o usuário pode definir quais testes deseja realizar. Nela o usuário deve definir também seus dados pessoais. Os testes realizados são armazenados no banco de dados e podem ser a qualquer momento acessados através de uma tela de seleção de testes do Histórico. Nesta tela há filtros específicos que facilitam a localização do teste, por modelo, relé, data e hora, funcionário responsável, etc. Nos testes, o software analisa a resposta do relé e compara com os dados do modelo e parametrização cadastrados, indicando a precisão e as curvas de operação do relé.

No cadastro de modelos comercial de relés, o software permite que o usuário cadastre, para cada modelo, duas figuras: o esquema de ligação do relé e uma figura explicativa na qual pode conter detalhes de funcionamento do relé. Essas figuras podem ser abertas a partir da tela de seleção de testes. Assim se adequadamente cadastradas, elas podem auxiliar na ligação do relé, facilitando a conexão do relé a caixa de teste.

*Testes Automáticos em Relés de Sobrecorrente*

A figura 04 mostra a tela principal de cadastra de modelo de relés de sobrecorrente. Outros parâmetros específicos para caracterizar o modelo são cadastrados em outras telas abertas a partir desta, como por exemplo parâmetros da unidade de fase e terra.

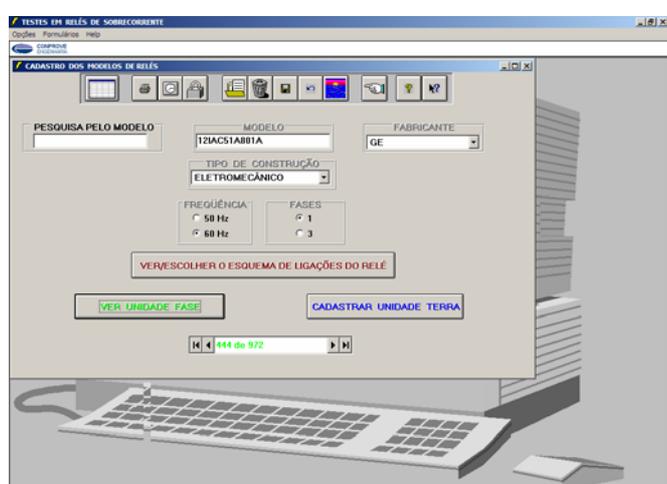


Figura 04 - Sobrecor, tela de cadastra de modelo

A figura 5 mostra a tela de cadastro do relé da empresa, sobreposta por uma outra tela, aberta a partir da tela de cadastro, na qual o usuário define os parâmetros da unidade de fase do relé. Neste software a tela de cadastro do relé na empresa é a própria tela de seleção do relé que será testado.

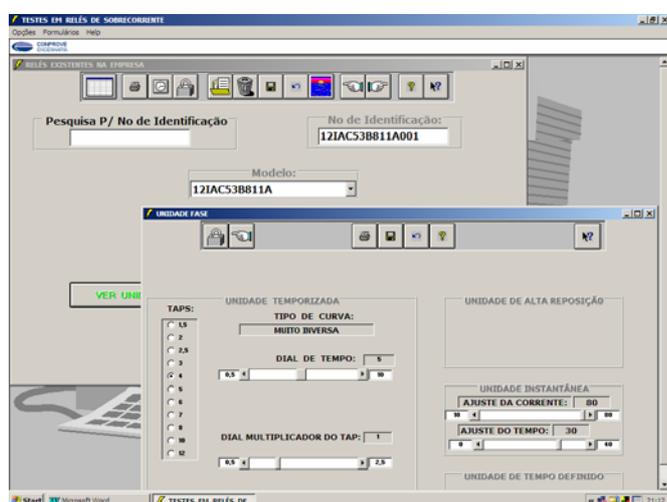


Figura 05 - Sobrecor, tela de cadastro do relé da empresa

As figuras 06, 07 e 08, mostram respectivamente a tela de seleção de testes, de resultado do levantamento da curva temporizada e de histórico.



Figura 06 – Sobrecor, tela de seleção de testes

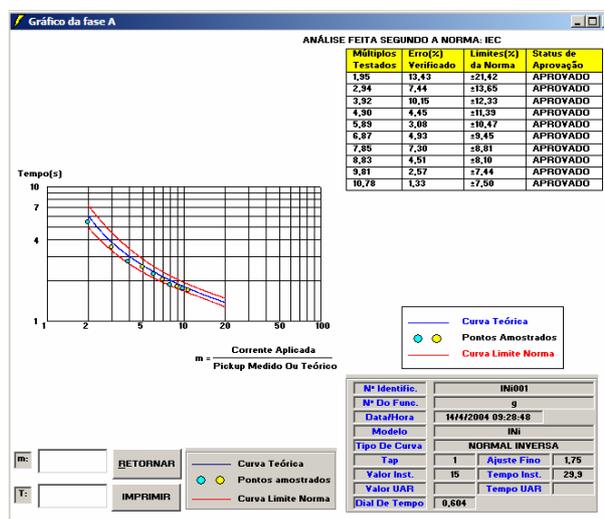


Figura 07 – Sobrecor, tela de resultado do teste de levantamento da curva temporizada



Figura 08 – Sobrecor, histórico de testes

*Testes Automáticos em Relés Diferenciais*

A figura 09 mostra a tela de cadastro do relé da empresa, sobreposta por uma outra tela, aberta a partir da tela de cadastro, na qual o usuário define os parâmetros da unidade

de fase do relé. Da mesma forma que o software Sobrecor.exe, neste software a tela de cadastro do relé na empresa é a própria tela de seleção do relé que será testado. A figura 10 mostra a tela de seleção de testes. Já a figura 11, mostra a tela de resultado do teste do Slope.

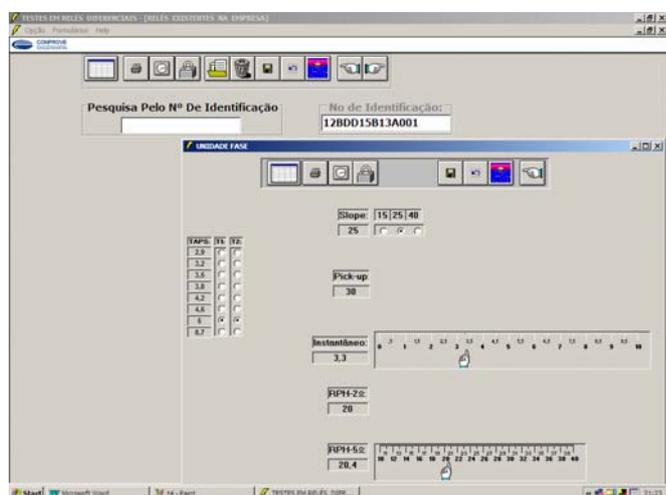


Figura 09 – Diferenc, tela de cadastro de relé da empresa e ajuste da unidade de fase

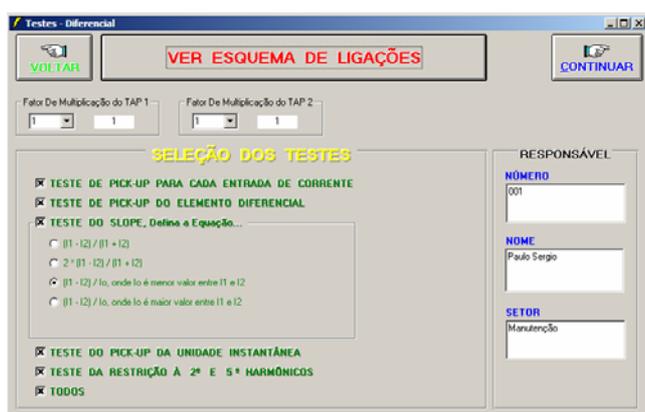


Figura 10 – Diferenc, tela de seleção de testes

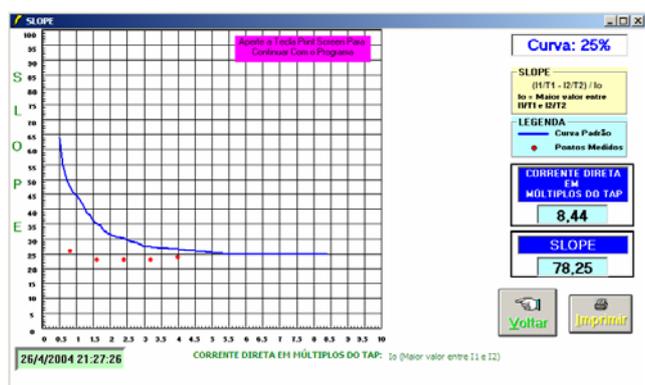


Figura 11 – Diferenc, tela de resultado do teste de Slope

### Testes Automáticos em Relés de Distância

As figuras 12, 13 e 14 mostram respectivamente a tela de principal do software para teste automático em relés de distância, a tela de seleção de testes e a tela de resultado do software.

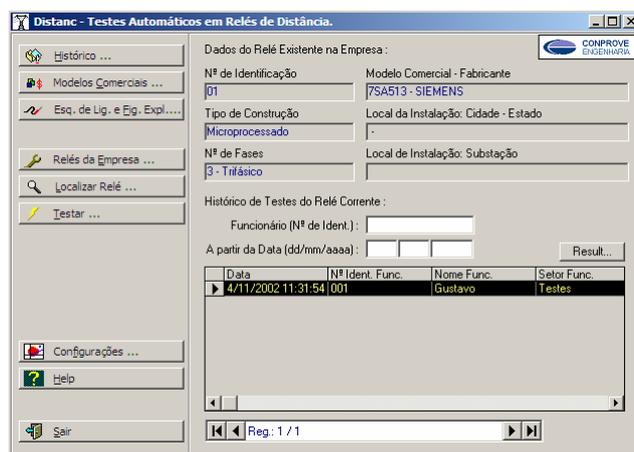


Figura 12 – Distanc, tela principal

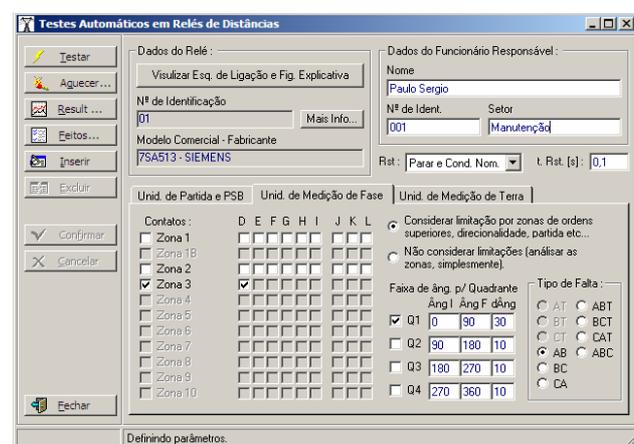


Figura 13 – Distanc, tela de seleção de testes

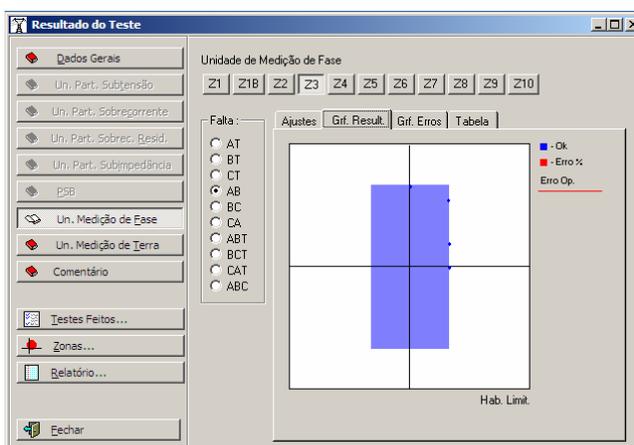


Figura 14 – Distanc, tela de resultado dos testes

Além dos software para testes automáticos, vários outros software foram desenvolvidos, tais como:

- Calibrac.exe: Software de calibração do equipamento. Todos os canais de geração e aquisição do equipamento podem ser calibrados por software, de acordo com um instrumento de aferição padrão definido pelo usuário.
- Manual.exe: Software de geração manual. Este software permite ao usuário controlar, de forma independente, os sinais que serão gerados em cada canal. Nele o usuário tem o controle da amplitude e ângulo, para

cada ordem harmônica (até 50ª ordem), para frequências fundamentais de 50 e 60 Hz. Vários recursos estão disponíveis no software, como por exemplo: Auto-incrementação, registro de atuação permitindo montar gráficos específicos tais como corrente x tempo, tensão x tempo, impedância x tempo, etc. Armazenamento dos valores gerados em arquivos, o que facilitando a entrada de dados. O software também monitora a entrada para aferição de transdutores. A figura 15 mostra a tela principal deste software.

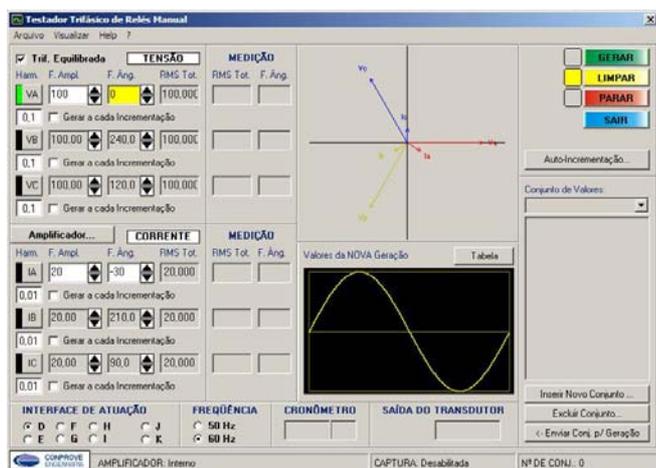


Figura 15 – Manual, tela principal

- Falta.exe: Software de simulação de faltas. Nele o usuário pode definir uma condição de pré-falta, pós-falta transitória e pós-falta permanente, controlando em cada uma dessas situações o número de ciclos gerados e, de forma independente para cada canal, a amplitude e o ângulo para cada ordem harmônica (até a 50ª ordem), para frequência fundamental de 50 ou 60 Hz.
- CtrdGera.exe: Software para reprodução de arquivos COMTRADE. Nele o usuário carrega um arquivo de oscilografia COMTRADE e direciona em qual canal deseja gerar uma determinada forma de onda do arquivo. Todos os canais de geração do equipamento podem receber uma forma de onda para gerar simultaneamente.
- ATPGera.exe: Software para reprodução de transitórios simulados no ATP. Trabalha de forma semelhante ao CtrdGera.exe.
- FreqGera.exe: Software para geração de sinais de tensão com controle de frequência. Neste software o usuário pode gerar sinais de tensão senoidais com qualquer valor de frequência de 40 a 3000 Hz, com resolução até 0,001 Hz. O usuário tem o controle independente para cada canal da amplitude, ângulo e frequência de geração. Ideal para testes de sincronismo. O software também monitora a entrada para aferição de transdutores.
- EditFunc.exe: Software de edição de rotinas de testes. Neste software o usuário pode criar suas próprias rotinas de testes.
- Transdut.exe: Software de aferição automática de transdutores. Nele o usuário cadastra o transdutor que será testado e então processa o teste. O software analisa a resposta do transdutor e compara com o cadastro

indicando a precisão. Os testes são armazenados num banco de dados histórico.

- AnEl.exe: Software de análise de energia.
- Oscil.exe: Software de oscilografia. A figura 16 mostra o resultado de uma oscilografia feita com este software.

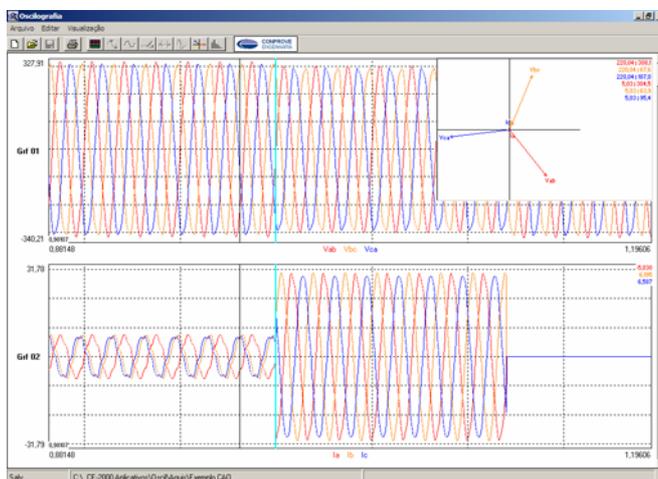


Figura 16 - Oscil, Tela principal.

#### IV. SOFTWARES DE GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO

Com os resultados dos testes armazenados em bancos de dados, surgiu a idéia de desenvolver um software capaz e analisar os testes e indicar, através de índices estatísticos, o desempenho dos diversos modelos de relés e fabricante, bem como prever a melhor momento para futuras manutenções. Este software viria como uma importante ferramenta para o planejamento de investimentos, visando definir as novas compras de instrumentos, bem como o controle da periodicidade da manutenção. Com tais objetivos, foi então desenvolvido o software gerenc.exe, um software de gerenciamento da manutenção capaz de se comportar como cliente ou servidor, de acordo com sua configuração, e assim enviar e receber dados de outras caixas de testes. Desta forma, todos os testes feitos nas várias regionais podem ser concentrar em um único computador, no qual o software esteja configurado como servidor, recebendo e atualizando os bancos de testes dos outros computadores, configurados como cliente, como por exemplo os próprios notebooks de controle das caixas.

##### *O processo de transferência*

O software configurado como servidor deverá estar sempre ativo em um computador (Servidor) previamente configurado de forma a dar suporte às solicitações de conexão dos diferentes clientes. O servidor, que deverá ter um endereço de IP fixo e uma porta preestabelecida, estando ativo, fica aguardando a solicitação de conexão de um

cliente. O software atende apenas um cliente por vez, a fim de evitar múltiplos acessos ao banco de dados, o que pode ocasionar a leitura e/ou arquivamento de dados inválidos.

O software servidor controla apenas um banco de dados, chamado banco de gerenciamento central. Os testes recebidos dos vários clientes são cadastrados neste banco. O software configurado como cliente controla na verdade dois bancos distintos, um banco denominado banco de transferência e um outro denominado banco de gerenciamento local. O banco de transferência armazena os testes feitos pelos software de testes automáticos para ser enviados para o servidor, o banco de gerenciamento local recebe os testes que estão cadastrados e atualizados no servidor para que possam ser analisados no próprio computador cliente.

Todo cliente deve ser configurado para conectar-se ao servidor pelo endereço IP e pela porta os quais ele está ajustado. Todo o processo de cadastro de dados e leitura do banco de dados do servidor (ou banco de dados central) é automatizado. Assim, a qualquer momento o cliente pode solicitar conexão ao servidor e esta será atendida sem qualquer interferência, ou interação, humana.

O processo de comunicação do cliente com o servidor segue os seguintes passos:

1. O cliente solicita conexão ao servidor;
2. Servidor concede a conexão ao cliente;
3. O software cliente identifica no banco de dados de transferência se há novos testes a serem enviados ao servidor. Se há, ele gera um arquivo de transferência e envia estes testes ao servidor.
4. O servidor verifica se estes testes já estão ou não cadastrados em seu banco de dados. Cadastra aqueles que são inéditos. Ao final do processo, o servidor envia um relatório ao cliente informando se os testes foram ou não cadastrados com sucesso no banco de dados central.
5. O servidor, com base na data de última atualização que o cliente lhe informou, gera um arquivo de atualização para que o cliente cadastre em seu banco todos os dados do banco de dados central que outros clientes acrescentaram. Esse arquivo é enviado ao cliente logo em seguida.
6. O software cliente atualiza seu banco de dados local, exhibe o relatório (log) enviado pelo servidor e apaga os testes do banco de transferência que já estiverem cadastrados no banco local. Enfim a conexão é encerrada e ambos os bancos de dados, tanto o do cliente como o do servidor ficam atualizados.

As figuras 17 e 18, mostram as telas de comunicação dos softwares cliente e servidor, após uma transferência.

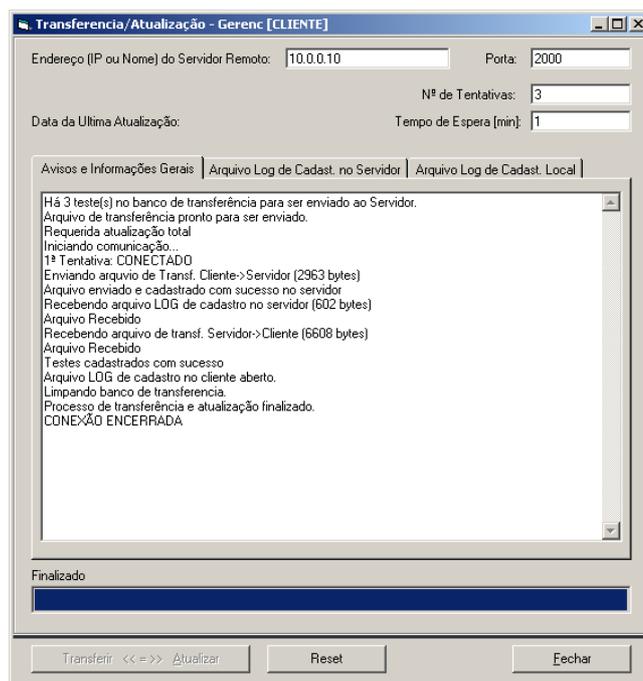


Figura 17 – Gerenc-Cliente, Tela de comunicação

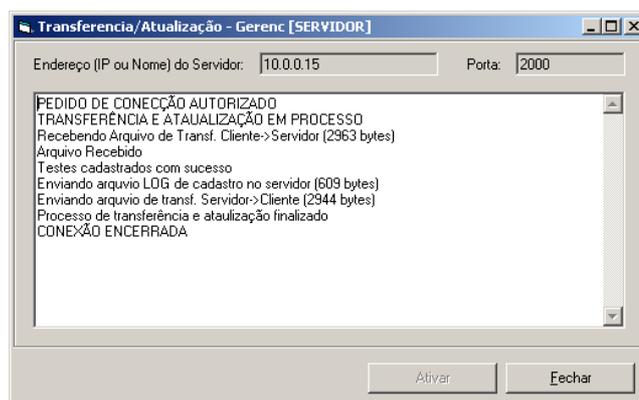


Figura 17 – Gerenc-Servidor, tela de comunicação

### *Planejamento da Manutenção e Análises*

Com base nos históricos de teste, surge uma nova visão de gerenciamento. Futuras manutenções podem ser agendas de acordo com as necessidades específicas dos relés, dando prioridade a relés mais críticos e aumentando os intervalos de manutenção para relés que historicamente vem apresentando bons resultados. Assim, é possível um melhor planejamento das manutenções, e não simplesmente considerar intervalos fixos de tempo, tais como os utilizados atualmente na manutenção preventiva.

Ao abrir o software de gerenciamento, seja ele um software cliente ou servidor, na sua tela principal serão mostrados todos os testes de um determinado tipo de relé (sobrecorrente, diferencial ou distância, dependendo a opção de filtro ativa) cadastrados em sua base de dados, tendo ela sido ou não atualizada por um processo de transferência. A figura 19 mostra a tela principal do software.

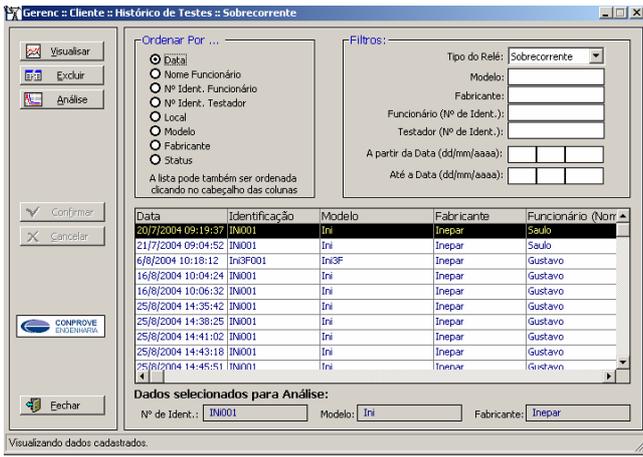


Figura 19 – Gerenc, tela principal.

Para ver o resultado de um teste individual, basta o usuário seleciona-lo na tabela e então pressionar o botão Visualizar, no canto superior esquerdo da tela. As figuras 20, 21, 22 e 23 a seguir apresentam o resultado de um teste feito num relé de Sobrecorrente.

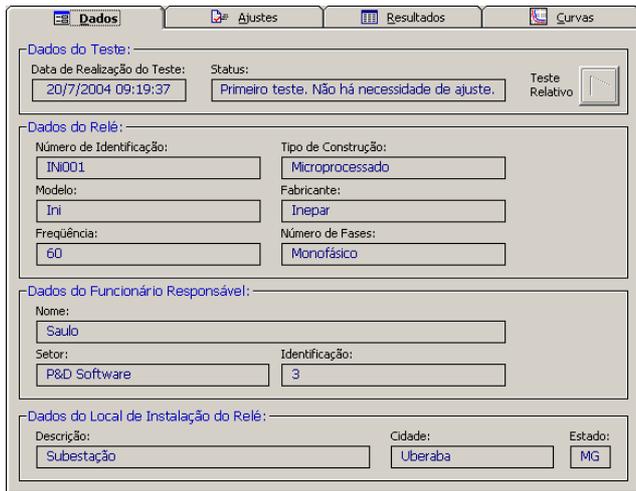


Figura 20 – Gerenc, tela de análise de teste de relés de sobrecorrente - Dados

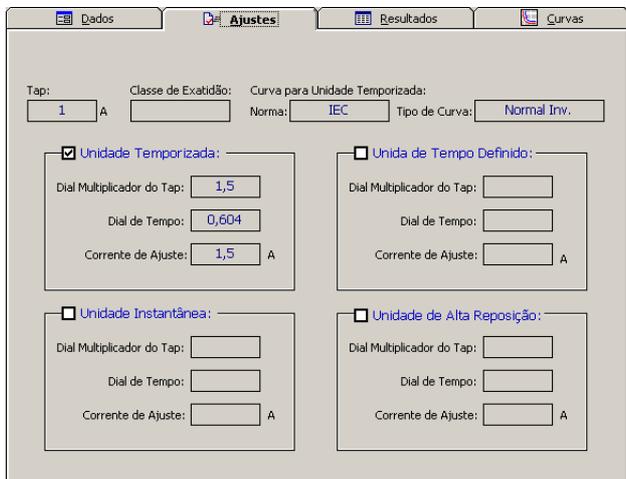


Figura 21 – Gerenc, tela de verificação de teste de relés de sobrecorrente - Ajustes



Figura 22 – Gerenc, tela de análise de teste de relés de sobrecorrente - Resultados

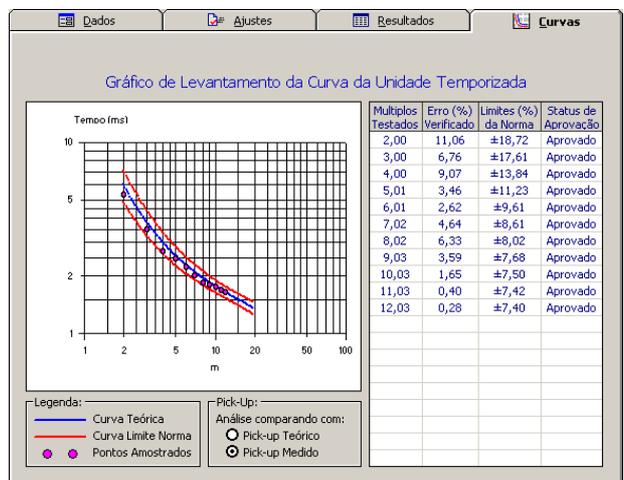


Figura 22 – Gerenc, tela de verificação de teste de relés de sobrecorrente - Curvas

Numa outra análise, o usuário pode ver o histórico de vida de cada relé, por indivíduo. Com isto ele pode acompanhar a evolução do erro de cada componente testado, e assim planejar melhor a data de manutenção para cada relé. A figura 23 dá um exemplo da análise, observe que os dados pertence a um mesmo indivíduo, ou seja, a um único relé.

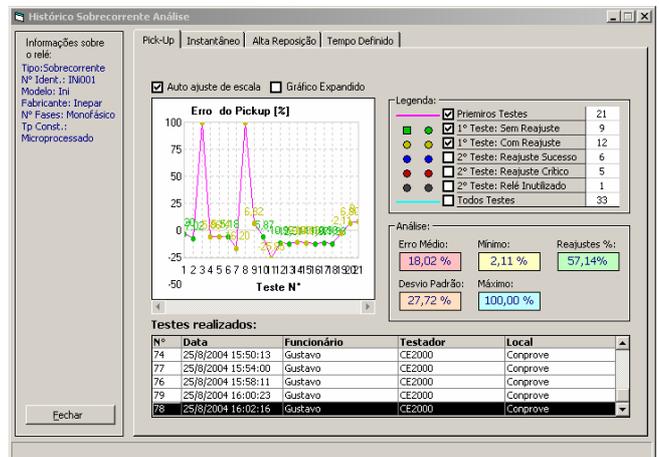


Figura 23 – Gerenc, Análise de indivíduo de relés de sobrecorrente – Pick-Up

O gráfico da figura 23 mostra a variação dos erros dos pick-up, a cada teste. Da mesma forma é possível verificar as resposta da instantâneo, alta reposição, tempo definido, etc.

Nos software de testes automáticos, no instante em que os testes são cadastrados no banco de transferencia, o usuário deve caracteriza-lo por status. Os status possíveis são:

- Primeiro teste Ok: Este status indica que o relé está dentro de sua classe de exatidão e não precisa ser reajustado.
- Primeiro teste Erro: Este status indica que uma ou mais função do relé esta fora da exatidão, e o relé deverá ser reajustado. Este status torna obrigatório a realização de um segundo teste, após os reajustes, para caracterização da situação final do relé.
- Segundo teste Ok: Este status indica que após os reajustes feitos a partir de um primeiro teste, o relé se encontra dentro da sua classe de exatidão.
- Segundo teste Crítico: Este status indica que após os reajustes feitos a partir de um primeiro teste, os erros ficaram muito próximos do limite máximo, no entanto ainda pode permanecer nos sistema.
- Segundo teste Erro: Este status indica que após os reajustes feitos a partir de um primeiro teste, o relé permaneceu fora da classe de exatidão e portanto não deve ser utilizado.

O software de gerenciamento apresenta esses status na tela de análise por indivíduo, marcando o gráfico de erro do testes com pontos na cor correspondente ao status. Isto facilita observar o histórico do relé sob análise.

## V. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma nova proposta para o gerenciamento e automação dos testes de relés, medidores e transdutores. Um instrumento foi desenvolvido e os resultados mostraram a sua viabilidade. Os resultados dos testes automáticos são enviados a um servidor que permite o acompanhamento de erros nas diferentes funções viabilizando uma ação avançada de planejamento da manutenção, baseando-se em resultados e índices de erros e não simplesmente em periodicidade.

## VI. AGRADECIMENTOS

Os autores desejam agradecer à ESCELSA e à ANEEL pelo suporte técnico e financeiro para o desenvolvimento deste trabalho.

## VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Pereira, P. S. e Edna Lucia Flores, "Ajuste computacional interativo de dispositivos de sobrecorrente para sistemas elétricos de potência", V SNPTE - Curitiba - PR, 1995.
- [2]. Pereira, P.S, Souto, W., "Um equipamento completo para diagnósticos, testes, avaliação e gerenciamento de instrumentos elétricos", 12o. Congresso Brasileiro de Manutenção, 1997
- [3]. Pereira, P.S., Souto, W., "Um equipamento computadorizado para testes em instrumentos elétricos", XII Congresso Brasileiro de Automática, 1998.
- [4]. Pereira, P.S., Souto, W., "Testes automáticos em instrumentos elétricos", XII Congresso Brasileiro de Automática, 1998.
- [5]. Pereira, P.S., Brito, L.V.D., "Um equipamento completo para aferição, testes, avaliação e gerenciamento de instrumentos elétricos", 3º Seminário Internacional de Metrologia Elétrica, 1998
- [6]. P. S. Pereira, J. W. Resende e outros, "Uma contribuição ao monitoramento e tratamento de dados da qualidade de energia", III SBQEE - 1999
- [7]. P. S. Pereira e outros, "Automação de testes em relés de distância", 15º Congresso Brasileiro de Manutenção, 2000
- [8]- Pereira, P.S., Resende, J.W., Parreira, O. R. M., "Automação de testes em relés numéricos", III Seminário de estudos em engenharia elétrica, Uberlândia, novembro de 2000.
- [9]. P. S. Pereira e outros, "Um simulador para avaliar o desempenho de relés de proteção", IX Encontro Regional Latino Americano da Cigre, 2001
- [10]. P. S. Pereira, J. W. Resende e outros, "Automação de testes em relés numérico", XVI SNPTEE, 2001
- [11]. P. S. Pereira e outros, "Automação de testes em relés de distância", XVI SNPTEE, 2001
- [12]-Catálogos de fabricantes de relés.