

Gestão Estatística de Medidores

C.A.Frões Lima, KNBS; J.R.P. Navas, KNBS; A. R. Donadon, CPFL;
Tiago Carvalho, KNBS; Heloisa H. Müller, KNBS; Marley Saraiva, UNICAMP

Resumo-O projeto Gestão Estatística de Medidores foi desenvolvido, no contexto do programa de P&D ANEEL visando a organização operacional da revisitação a modelagem existente na concessionária e visando sua implementação. O projeto cria uma metodologia de monitoramento permanente da curva de aferição dos medidores eletromecânicos que atenda as normas de órgãos responsáveis pelas padronizações e controle destes equipamentos, bem como da concessionária. Com o desenvolvimento deste sistema poderão ser analisadas as curvas de aferição, e realizados os controles estatísticos para avaliação dos lotes de medidores. O mapeamento destas informações cria uma base de conhecimento em torno dos principais elementos na gestão de medidores, como fabricante, tipos de medidores, consumidores, aferições, e problemas encontrados. A reunião sistêmica e analítica destas informações contribui com a tomada de decisões estratégicas e análises correlatas de outras áreas da empresa que utilizem parte ou totalidade das informações referentes aos medidores.

Palavras-chave— Curvas de Aferição, Medidores, Gestão Estatística, Sistema Especialista, Unidades Consumidoras.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente a empresa concessionária de energia elétrica CPFL possui em sua base de sistemas legados um módulo de gestão de medidores com informações sobre fabricante, tipos, grupos e dados de manutenção, dados de consumidores, com informações de histórico de consumo, demandas, atividades econômicas e classificação tarifária. A empresa concessionária também realiza testes nestes equipamentos e pontua as aferições considerando critérios adotados segundo normas e regulamentação [10, 11, 12, 13].

O Sistema de Gestão Estatística de Medidores foi desenvolvido de forma que as informações dos medidores sejam exportadas do sistema legado, e juntamente com as informações relativas aos testes e aferições possam ser importadas para o Sistema, para a realização de estudos e análises esta-

tísticas do cadastro de medidores e das curvas de aferição de um lote de medidores selecionado.

O sistema permite a visualização das curvas estatísticas dos lotes de medidores as quais são criadas com base nos estudos realizados.

O estudo visa a análise e caracterização do lote, fazendo uma crítica baseada em informações do lote, conceitos estatísticos, e a experiência da concessionária, para estabelecer um critério de avaliação do lote sob análise. Ou seja, com base nos erros da amostra selecionada, dentro do universo do lote, são estimados os erros do lote de medidores, através da aproximação dos dados a uma distribuição normal, com um grau de confiança pré-determinado e considerando condições extremas para a concessionária e para o consumidor. Assume-se que o medidor de referência utilizado nas aferições, valida os valores daquela aferição.

Na realização dos estudos, após a caracterização do lote de medidores, o Sistema de Gestão, calcula de forma automática as estatísticas do lote, em função do tamanho mínimo da amostra dos testes de hipótese especificados.

Na base de dados do sistema estão armazenados os dados de aferição dos medidores e durante a realização de um estudo, calcula-se o tamanho da amostra, e são utilizados os dados de aferição daqueles medidores que foram selecionados de forma aleatória para fazer parte da amostra.

Os dados de aferição de cada um dos medidores correspondem a desvios percentuais da corrente nominal aplicadas ao medidor. Esses dados podem ser importados para o sistema de forma automática, a partir de um arquivo com formato pré-definido ou inserido manualmente no sistema, de forma individual. Assim é possível verificar o comportamento ou tendência do lote, acompanhar a performance dos equipamentos de medição e propor programas de inspeção em unidades consumidoras e avaliação geral de grupos, fabricantes e tipos de medidores.

A metodologia permite identificar lotes de medidores que devem ser substituídos para manutenção preventiva de forma a atingir aos seguintes objetivos:

- Salvar os direitos dos consumidores no caso de medidores que por qualquer motivo apresentam tendência de registrar a mais.
- Salvar a receita da empresa no caso de medidores que por qualquer motivo apresentam tendência de registrar a menos.
- Manter em nível elevado a qualidade dos registros de todos os medidores e consequentemente manter em nível elevado a imagem da CPFL.
- Proteção da receita.
- Atender a legislação vigente.

Este projeto realizado graças ao envolvimento da CPFL, reforçando e ampliando a disseminação dos resultados e aplicabilidade das soluções obtidas, em parceria com a KNBS (www.knbs.com.br).

Frões Lima, C.A., coordenador do desenvolvimento do sistema especialista, responsável pela organização do conhecimento aplicado (email: froes@knbs.com.br) - Carvalho, T., analista de sistemas, responsável técnico pelo desenvolvimento das soluções de mobilidade (e-mail: carvalho@knbs.com.br) - Navas, J. R. P., engenheiro, responsável pelo controle do desenvolvimento (e-mail: navas@knbs.com.br) - Müller, H. H. (e-mail: muller@knbs.com.br) trabalham na empresa KNBS.

A. R. Donadon, responsável pelo acompanhamento do desenvolvimento trabalha na concessionária CPFL (e-mail: donadon@cpfl.com.br).

Marley Saraiva é mestrando em Estatística pelo IMECC-UNICAMP (e-mail: marley@ime.unicamp.br).

O sistema possui um controle de acesso por concessionária e permissão de usuários para seu acesso. As funcionalidades deste sistema, estão divididas entre os seguintes módulos: Estudos, Aferições, Estatísticas, Relatórios, Consultas, Cadastro, Importações e Interfaces, Camada Inteligente de Processamento e interface com banco de dados, conforme apresentado na Figura 1.

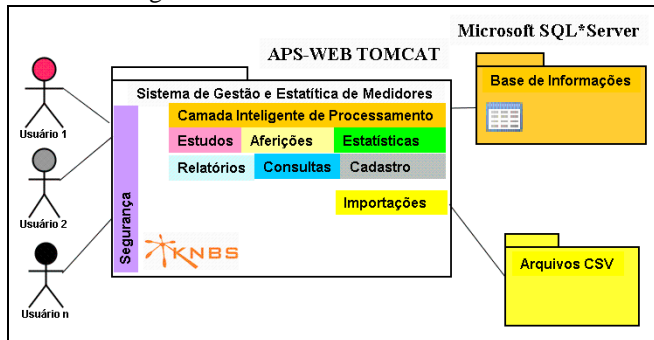


Figura 1. Arquitetura do Sistema de Gestão de Medidores.

II. O SISTEMA DE GESTÃO ESTATÍSTICA DE MEDIDORES

O objetivo do Sistema de Gestão Estatística de Medidores é desenvolver uma metodologia de monitoramento permanente da curva de aferição dos medidores eletromecânicos que atenda as normas do INMETRO e as exigências da CSPE (Comissão de Serviços Públicos de Energia) e as necessidades da Empresa CPFL.

O sistema computacional foi concebido utilizando conceitos de aplicações Web. Pode ser utilizado em um ambiente restrito como uma Intranet ou mais amplo considerando o acesso via Internet. Foi desenvolvido utilizando recursos de software livre em Java e com o acoplamento de banco de dados de um fornecedor de mercado.

A opção de utilização de banco de dados de software livre foi considerada, mas atendendo os padrões da concessionária, foi adotado um banco de dados comercial. O modelo de informações foi construído visando aplicar conceitos de otimização de processamento, facilidade de importação de informações e para garantir a integridade das informações.

Entre as estratégias para melhoria destas ações foram considerados os seguintes aspectos:

- Existência de chaves primárias adimensionais no banco de dados, representadas por seqüências numéricas.
- Índices orientados à pesquisa de informação,
- Modelo de tabelas compatíveis com o modelo de legados da concessionária,
- Camada de acesso inteligente ao banco de dados para otimizar os acessos,
- *Cache* de cálculos e operações com grande volume de informações

A. Módulo de Segurança

O módulo de segurança controla o acesso dos usuários através de processo de identificação única dos mesmos, criptografia de senha, restrições e bloqueio de contas, e perfil de

acesso às funcionalidades por parte dos usuários. O sistema também possui um usuário administrador que habilita as funcionalidades disponibilizadas, em função do tipo e nível do usuário.

B. Camada Inteligente de Processamento

A camada inteligente de acesso trabalha com o conceito de empacotamento de pesquisa às bases de dados. Esta camada permite a otimização e aproveitamento das consultas e do processamento realizado. Promove o *cache* de informações de múltiplo uso e análise de performance das pesquisas, considerando um volume de informação e de referências cruzadas alto. Também são tratadas as funcionalidades básicas de estatísticas como média, desvio, sorteios estatísticos, subconjuntos, operações de união e intersecção de conjuntos de informações, e transformação de dados [3].

C. Módulo de Cadastro

O módulo de cadastro permite ao usuário uma interação com o sistema na inserção de dados de aferição, bem como na inclusão de usuários adicionais do sistema.

A inclusão de usuários faz parte do módulo básico de cadastro para acesso múltiplo a base de dados sob uma identificação única bem como permitir a publicação do sistema para uso de forma corporativa.

O cadastro de aferições permite que as informações dos testes sejam inseridas na base, sejam pontuadas, e corrigidas ou complementadas.

O usuário pode assim verificar as informações sobre as quais ele está trabalhando e definir suas aferições para estudos estatísticos.

D. Módulo de Importações

O módulo de importações compreende a interface do sistema com os meios externos, sendo possível importar os dados dos sistemas legados e também dados de aferições realizadas com o equipamento de referência. As informações, tipicamente sobre Medidores, Marca-Tipo, Deficiências, Grupo de Equipamentos, Tipos de Equipamentos, Localidades, Atividade Econômica, e Usuários necessitam estar 100% aderentes as regras do modelo de informações e tipificações, faixas e intervalos requeridos pela concessionária para que não sejam importadas discrepâncias.

Este controle é realizado através de arquivos de registro de informações onde são mapeados os registros que apresentaram problemas durante a importação, registros ignorados e registros processados juntamente com o controle de falhas.

E. Módulo de Aferições

Um dos módulos mais importantes do sistema é o módulo de aferições [1,2]. Neste módulo o usuário poderá importar para o sistema, de forma automática, a partir de um arquivo com formato pré-definido ou, inserir manualmente, de forma individual os dados de aferição de cada um dos medidores. Na montagem da aferição são considerados os testes relati-

vos à corrente nominal (A), nas faixas de percentual de 10%, 20%, 50%, 100%, 150%, 200%, e 800%, obtidas à tensão nominal (V) e FP igual ao valor um.

Os erros de aferição são as principais informações utilizadas na análise do processo. Através deles são realizadas manipulações e aplicação de conceitos estatísticos para a avaliação dos erros do lote de medidores que está sendo julgado.

F. Módulo de Estudos

O módulo de estudos caracteriza as estatísticas realizadas sobre a base de informação e de aferições dos medidores. São definidos neste módulo, os dados representativos do lote do medidor, tais como, código do equipamento medidor, fabricante, local de realização dos testes, e a data da aferição. O módulo de estudos é cliente do módulo estatístico que faz cálculo e valida a amostragem. Os estudos fazem a plotagem de gráficos de análises de erros percentuais e estatísticas do cadastro de medidores. Para montagem das amostras podem ser considerados os seguintes parâmetros:

- Concessionária (se existir mais de uma usuária do sistema)
- Marca e Tipo do medidor
- Localidade
- Atividade econômica
- Período de Fabricação
- Período de Aferição

Os estudos, depois de concluídos, ficam armazenados no sistema permitindo verificar informações relativas aos dados da sua criação, universo da análise, tamanho da amostra, número de aferições do lote, desvio padrão da amostra, sua significância, erro de estimação, erro médio da amostra, e número de medidores que estão fora da faixa estipulada pela concessionária considerando os padrões e normas.

G. Estatísticas

O módulo estatístico foi constituído através de estudos realizados pela concessionária e sua experiência de negócio, visando o modelo estatístico da aplicação.

A elaboração do algoritmo de criação das amostras foi respaldada por conceitos estatísticos [4]. Nesse sentido, a metodologia segue os seguintes passos:

- Separação dos medidores em lotes homogêneos de acordo com o tipo (modelo), fabricante, número de fios e fases, ano de fabricação.
- Estimativa do número de amostra para cada lote e seleção das amostras armazenadas no banco de dados do sistema.
- Dados de aferição de cada um dos medidores da amostra, nos percentuais já referidos da corrente nominal, FP=1 e tensão nominal. O erro médio de cada medidor será a média aritmética dos valores obtidos na aferição.
- Com base nos erros da amostra, serão estimados os erros do lote através da aproximação dos dados à distribuição normal, com nível de confiança de 95% e considerando duas condições extremas, denominadas “pior hipótese para a CPFL” e “Pior hi-

pótese para o consumidor”.

- Avaliação da qualidade do registro do lote para cada condição extrema, considerando os limites abaixo relacionados na Tabela I:

TABELA I
LIMITES DO LOTE

Erro (%)	Entre +/- 3%	Positivo 3%	Negativo - 3%
Lote Admissível do Medidor	90%	5%	5%

Em função dos resultados da avaliação de cada lote, recomenda-se a seguinte política de substituição dos lotes de medidores para manutenção e recalibração:

- Os lotes que apresentam mais de 5% dos medidores registrando erros positivos superiores a + 3%, deverão ser substituídos para recalibração (salvaguardar os direitos dos consumidores).
- Os lotes que apresentam mais de 5% dos medidores registrando erros negativos inferiores a -3% poderão ser substituídos para a recalibração em função de análise custo benefício (salvaguardar a receita da Empresa).

O método considera que os erros de aferição são caracterizados por sua média e que o procedimento de aferição controla a qualidade dos dados, proporcionando um erro médio coerente para ser utilizado no método estatístico proposto. Ele foi criado para inferir sobre a qualidade do lote de medidores com base no erro médio de aferição.

Na aplicação dessa metodologia, inicialmente o módulo realiza a caracterização do lote de medidores baseado nos parâmetros de entrada fornecidos pelo estudo, conforme apresentado no item F, para um determinado valor N do universo de medidores.

Para o cálculo do tamanho da amostra n , é necessário conhecer o valor do desvio padrão σ do conjunto de medidores. Uma vez que este valor é desconhecido, utiliza-se em seu lugar o desvio padrão amostral s dado pela equação (4). Quanto maior for o valor de n , melhor será a estimativa de σ dada por s . Por esta razão, o valor de n é calculado de forma iterativa, pois, uma vez que se tenha um valor de s mais próximo do verdadeiro valor σ , mais confiável será o cálculo de n .

Para este cálculo iterativo, é necessário um valor inicial para σ , que neste estudo foi fornecido pela concessionária como sendo de 0,05. A partir deste valor e dos demais componentes necessários, é feito o primeiro cálculo de n , utilizando (1). No algoritmo, a quantidade de amostras inicialmente é menor que n . A partir dos dados dessas amostras é feito um novo cálculo de s e com este valor calcula-se novamente o valor de n (1).

Se a quantidade de amostras for menor que n , continua-se amostrando, e a cada nova amostra incluída no estudo calcula-se o valor de s e de n . A amostragem será suficiente quando a quantidade de amostras for igual ou maior que o valor de n obtido no último cálculo.

$$n = \frac{N\sigma^2(Z_{\alpha/2})^2}{(N-1)E^2 + \sigma^2(Z_{\alpha})^2} \quad (1)$$

Onde:

- n – Tamanho da amostra
- N – Tamanho do lote
- σ - Desvio padrão das amostras anteriores ou determinado pelo pesquisador (inicialização).
- Z_α Nível ou grau de confiança (baseado em uma significância $\alpha = 0,05$)
- E – Erro que se admite cometer na estimativa da média (amplitude do intervalo de confiança para a média, para populações finitas)

Por questões de convergência, o valor de n deverá ser maior ou igual que 30. No caso do estudo dos medidores, a variável usada é o erro médio percentual dos medidores. Assim, estão sendo usados os seguintes valores, como dados de entrada para (1), durante a inicialização do algoritmo:

- $\sigma = 0,05$ (determinado pelo concessionária)
- $Z_\alpha = 1,96$ (significância de 5%)
- $E = 0.01$ (erro admissível)

Estes valores podem ser alterados mediante novos estudos e testes e comprovação de adequação, ou por indicação da concessionária. Os valores propostos foram sugeridos pela concessionária como valores iniciais, baseados no seu conhecimento e experiência sobre o assunto.

O tamanho da amostra inicial, calculado por (1), depende do valor inicial de σ . Inicialmente este valor é desconhecido e foi utilizado o valor de 0,05, conforme descrito acima.

Um tamanho de amostra mais preciso é obtido futuramente, com um novo valor σ , que é estimado (calculado) toda vez que for incluído um medidor aferido dentro da amostra, e assim sucessivamente, ou seja, inicialmente tem-se $\sigma = 0,05$, e conforme o número de medidores aferidos aumenta, este valor é recalculado para utilização futuras.

A média dos erros de aferição nas faixas percentuais de 10%, 20%, 50%, 100%, 150%, 200%, e 800%, para cada medidor i [5], é representada por (2).

$$x_i = \frac{\sum_{j=1}^m e_j}{m} \quad (2)$$

Onde:

- m – Número de leituras de aferição (10%, 20%, 50%, 100%, 150%, 200%, e 800% da corrente nominal), equivalente a 7.
- x_i – Erro médio de aferição referente ao medidor i dentro da amostra.
- e_j – Erro de aferição em uma determinada leitura: (10%, 20%, 50%, 100%, 150%, 200%, 800% da corrente nominal).

Com o erro médio de cada medidor, é calculada a média dos erros para a amostra inteira [5] representada pela equação (3).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3)$$

Onde:

- n : quantidade de medidores dentro da amostra que possuem aferição.
- x_i : erro médio dos erros de aferição do Medidor i considerando as faixas percentuais
- i : índice do medidor.
- \bar{x} : erro médio da amostra com medidores que possuem aferições

E finalmente é calculado o novo valor do desvio-padrão [5] representado pela equação (4), considerando os cálculos anteriores realizados por (2) e (3).

$$s = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

Onde:

- n : quantidade de medidores dentro da amostra que possuem aferição.
- x_i : erro médio dos erros de aferição do Medidor i considerando as faixas percentuais
- i : índice do medidor.
- \bar{x} : erro médio da amostra com medidores que possuem aferições
- s : desvio padrão

O valor inicial de σ em (1) é substituído pelo novo desvio padrão s de (4) e com ele é calculado o novo valor de n .

A proposição é recursiva e evolutiva, pois este novo valor de n será mais confiável que o anterior. Na medida em que a amostra for crescendo, isto é, a quantidade de medidores aferidos for crescendo, este tamanho de amostra n pode ser calculado com maior precisão, pois a estimativa do desvio padrão se torna mais confiável para amostras maiores. O procedimento se encerra quando o tamanho da amostra (n) de uma determinada iteração for menor ou igual ao número de medidores aferidos dentro da amostra.

Para consolidar a análise do lote, é realizado o teste de hipótese considerando-se duas hipóteses [6] representadas pelo Teste 1 e pelo Teste 2 conforme Tabela II. O Teste 1 verifica se há indícios de que o conjunto de medidores sob estudo esteja com erros maiores do que 3% e o Teste 2 verifica se há indícios de erros menores do que -3%, nas proporções definidas na Tabela I.

TABELA II
TESTES DE HIPÓTESE

Teste 1	Teste 2
$\begin{cases} H_0 : \mu = 0,03 \\ H_1 : \mu > 0,03 \end{cases}$	$\begin{cases} H_0 : \mu = -0,03 \\ H_1 : \mu < -0,03 \end{cases}$

Onde:

- μ : é a média percentual de erro do lote de medidores.
- H_0 : Hipótese 0 dos testes 1 e 2
- H_1 : Hipótese 1 dos testes 1 e 2

No Teste 1 é verificado se a média de erros do conjunto de medidores é maior que 3%. Uma vez o Teste 1 não seja conclusivo, o Teste 2 é realizado. O Teste 2 verifica se a média de erros do conjunto de medidores é menor que -3%. Se esta hipótese não for verificada, conclui-se que o conjunto de medidores está em perfeito estado de funcionamento. Para que se chegue a alguma das conclusões citadas acima, é necessário o cálculo da estatística de teste, que é dada pela equação (5):

$$t = \frac{(\bar{x} - \mu_0)}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (5)$$

Onde:

μ_0 : valor de μ sob a hipótese H_0 .

n : tamanho da amostra

s : desvio padrão

\bar{x} : erro médio da amostra com medidores que possuem aferições.

Desta forma, deverão ser calculados dois valores para a estatística de teste, representados pelas Estatística 1 e 2, considerando que será utilizada como referência a Distribuição de Probabilidade t-Student, conforme a tabela III.

TABELA III
ESTATÍSTICAS

Estatística 1	Estatística 2
$t = \frac{(\bar{x} - 0,03)}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$	$t = \frac{(\bar{x} + 0,03)}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$

Para se obter conclusões, será necessário comparar os valores encontrados da estatística de teste com os valores críticos de t dados na tabela de distribuição de probabilidade t-Student. Para esta comparação será necessário o cálculo dos graus de liberdade da distribuição que é dado por:

$$gl = n - 1 \quad (6)$$

Na tabela da distribuição t-Student, na linha correspondente aos graus de liberdade gl , na coluna referente a uma cauda com significância equivalente a $\alpha = 0,05$, obtém-se o valor crítico de t , denominado t_0 como mostra a Figura 2 para o caso do Teste 1.

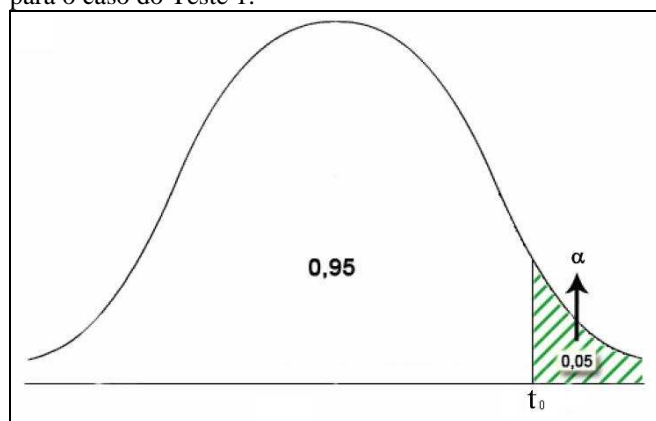


Figura 2 – Valor crítico de t no Teste 1 [7]

Para concluir o teste de hipótese deverão ser adotados os critérios representados pela Tabela IV, isto é, se o valor da

estatística de teste t_1 (Teste 1) for maior que t_0 (valor crítico) então há evidências de que o conjunto de medidores está com erros maiores do que 3%. Se t_2 (Teste 2) for menor do que $-t_0$ (valor crítico negativo) então há evidências de que o conjunto está com erros menores do que -3%. Caso contrário, há evidências de que o conjunto de medidores não está com erros significativos.

TABELA IV
CRITÉRIOS DE DECISÃO TESTES DE HIPÓTESE

Resultado dos Testes	Conclusão
$t_1 > t_0$ e t_2 qualquer	$\mu \geq 3\%$, isto é, Conjunto medindo a mais. Pior hipótese para o consumidor.
$t_1 \leq t_0$ e $t_2 \leq -t_0$	$\mu \leq -3\%$, isto é, Conjunto medindo a menos. Pior hipótese para a concessionária.
$t_1 \leq t_0$ e $t_2 \geq -t_0$	$-3\% < \mu < 3\%$, isto é, Conjunto sem problemas

H. Relatórios e Consultas

Módulo responsável pela publicação de relatórios gerenciais e consultivos de informações relativas aos estudos, aferições e cadastros presentes no Sistema de Gestão Estatística de Medidores.

O módulo de relatório funciona também para divulgação de informações em formato de arquivo e também como documentação do processo e da tomada de decisões.

III. RESULTADOS

Os resultados do sistema foram computados de forma cuidadosa, sendo utilizados diversos pilotos e hipóteses para verificação da curva de aferição e do estudo estatístico, com verificação e simulação.

Na verificação da maturidade dos estudos gerados pelo sistema, será utilizado o conjunto de aferições realizadas em campo, e em laboratório pela concessionária, e informações colhidas junto aos fabricantes de medidores.

Foram feitos vários estudos com diferentes tamanhos de amostras para que fossem verificadas as três hipóteses básicas:

- **Situação 1** - Conjunto sem problemas
- **Situação 2** - Pior hipótese para a CPFL
- **Situação 3** - Pior hipótese para o consumidor

São apresentados a seguir alguns dos estudos realizados para ilustrar o funcionamento do sistema. Como resultado da análise destes estudos, a concessionária tem o suporte necessário para definir se um determinado lote de medidores deve ser substituído ou não, ou se, medidores com erros de aferição muito grandes devem ser tratados individualmente. A Figura 3 mostra a tela principal de acesso ao sistema.

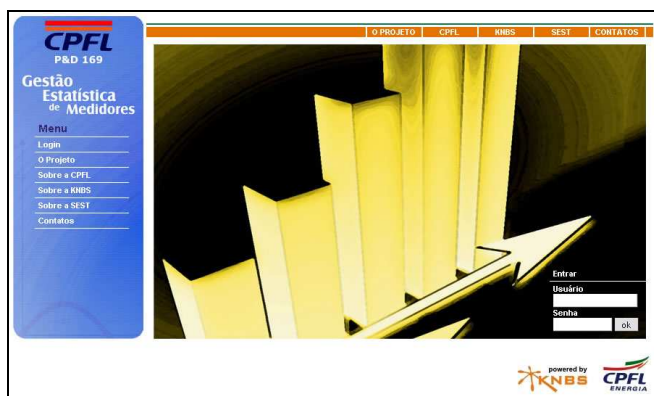


Figura 3. Tela principal de acesso ao sistema

A Figura 4 representa um estudo realizado com o Sistema de Gestão Estatística, onde o lote foi avaliado de forma neutra sem apresentar problemas, realizados com medidores monofásicos.

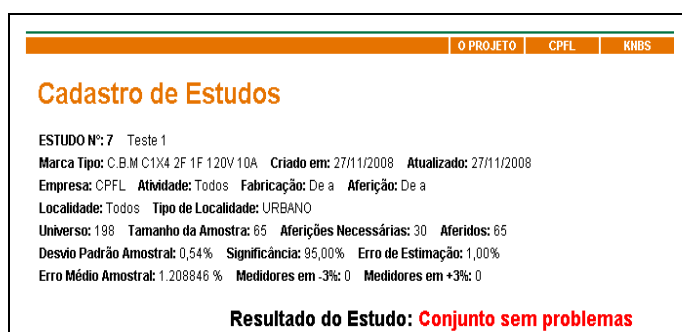


Figura 4. Tela de Resultados da Análise do Lote de Medidores, correspondente a uma Situação 1.

A Figura 5 representa a curva de distribuição dos dados do lote dos medidores, onde é possível verificar em faixa estão localizados os erros e suas respectivas frequências.

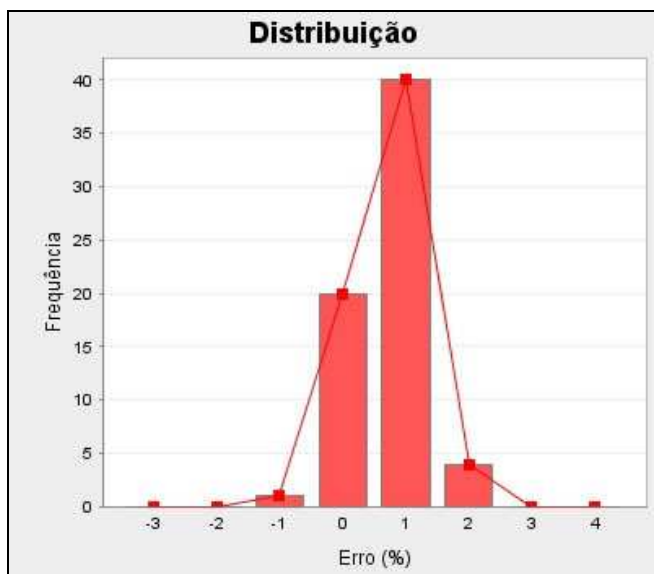


Figura 5. Resultados da Análise do Lote de Medidores correspondente à Situação 1

As curvas de todas as aferições individuais que foram utilizadas para julgamento do lote, estão representadas pela Figura 6.

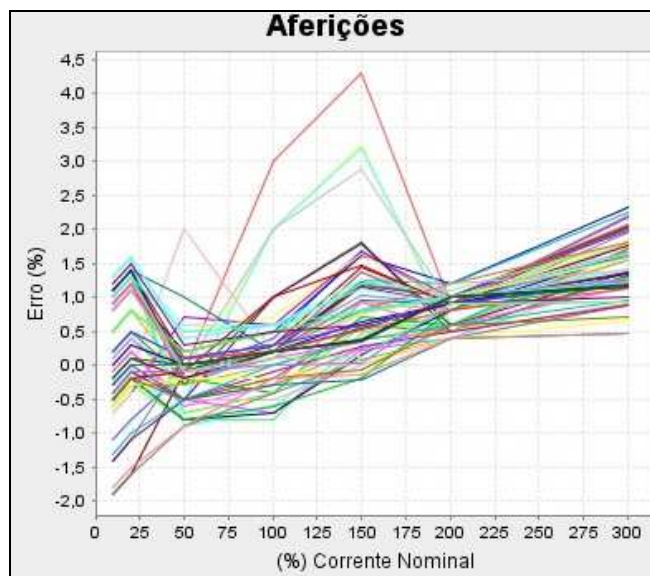


Figura 6. Qualidade da Aferição do Lote de medidores Monofásico correspondente à Situação 1.

A Figura 7 representa outro estudo realizado com o Sistema de Gestão Estatística, onde o lote foi avaliado de forma “pior hipótese para a CPFL” correspondente à situação 2.

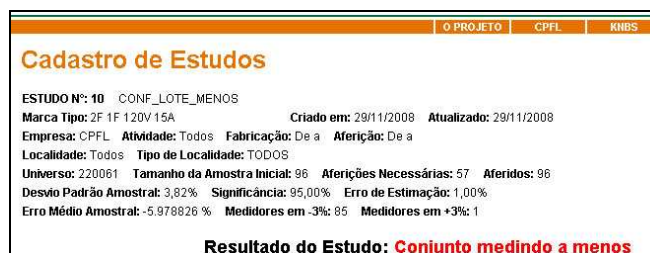


Figura 7. Tela de Resultados da Análise do Lote, correspondente a uma Situação 2.

Neste lote pode-se verificar que os erros de aferição estão em uma faixa fora do intervalo $[-3\%, 3\%]$, conforme o teste de hipótese apresentado pela Tabela IV e ilustrado na Figura 8.

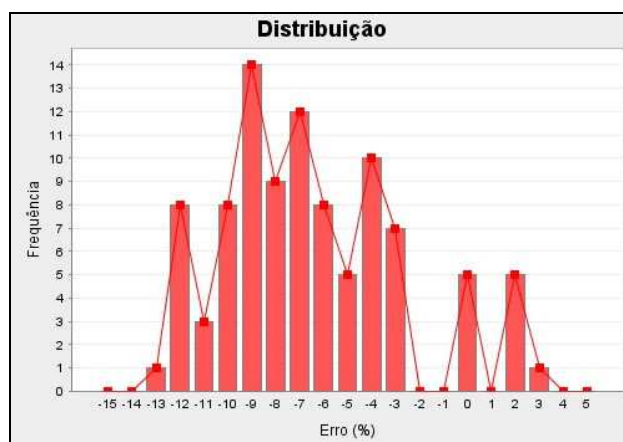


Figura 8. Resultados da Análise do Lote de Medidores, correspondente a uma Situação 2

A mesma verificação foi feita através das curvas de aferição utilizadas, as quais apresentaram uma concentração das médias de aferição fora do intervalo -3% a $+3\%$.

A Figura 9 representa outro estudo realizado com o Sistema de Gestão Estatística, onde o lote foi avaliado de forma “pior hipótese para o Consumidor” correspondente à situação 3.



Figura 9. Tela de Resultados da Análise do Lote, correspondente a uma Situação 3.

Na Figura 10 podem-se observar vários medidores possuindo suas médias de erros de aferição em uma faixa acima de 3%. Com esta frequência o lote está caracterizado como “ofensor” do consumidor.

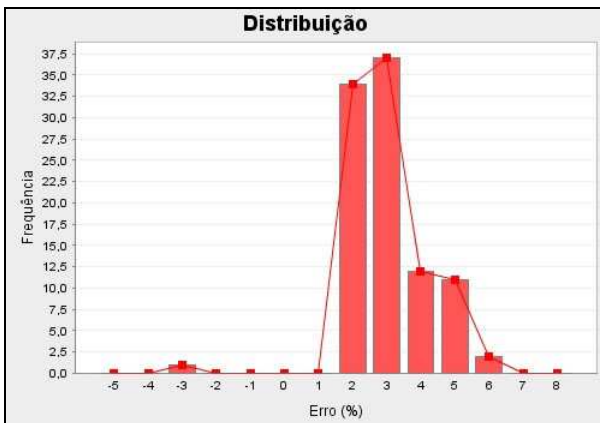


Figura 10. Resultados da Análise do Lote de Medidores, correspondente a uma Situação 3.

Outros testes foram realizados com outros lotes de medidores trifásicos. As Figuras 11 e 12 retratam os resultados dos estudos e pode-se fazer uma analogia para interpretação dos resultados que foi realizada para os medidores monofásicos.



Figura 11. Tela de Resultados da Análise do Lote Trifásico, correspondente a uma Situação 1.

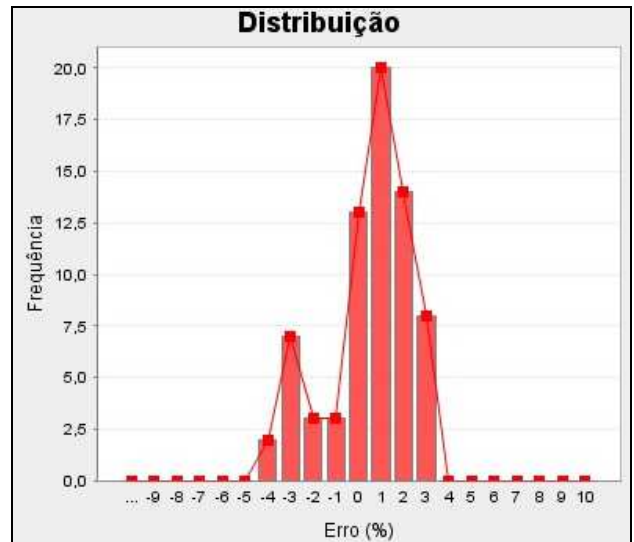


Figura 12. Resultados da Análise do Lote Trifásico, correspondente a outra Situação 1.

A análise subsequente retrata outro lote de medidores trifásicos, o qual apresentou problemas.



Figura 13. Tela de Resultados da Análise do Lote Trifásico, correspondente a outra Situação 3.

A análise da distribuição dos medidores relativa aos consumidores trifásicos é relevante, nesta situação do lote medindo a mais, visto que estes usuários possuem um consumo de energia geralmente maior que o dos consumidores monofásicos. A curva da distribuição da Figura 14 indicou o lote com problemas.

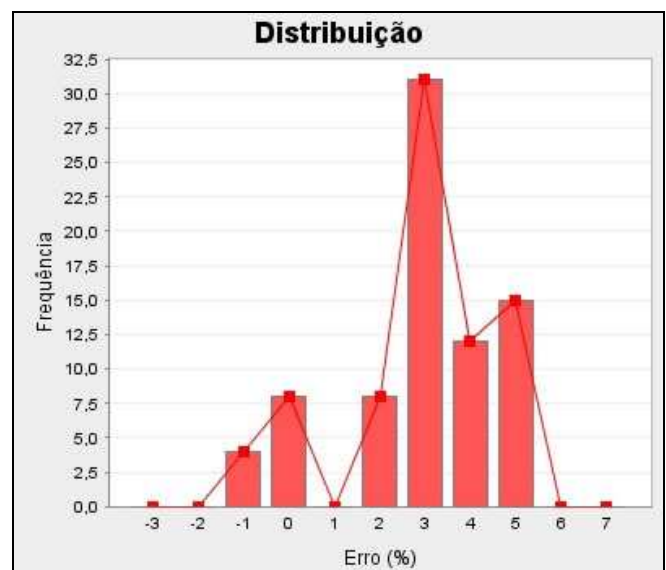


Figura 14. Resultados da Análise do Lote Trifásico, correspondente a outra Situação 3.

IV. CONCLUSÕES

O Sistema de Gestão Estatísticas de Medidores demonstrou ser uma alternativa viável como uma ferramenta de apoio para tomada de decisões.

Atua na identificação dos lotes de medidores que geram uma redução de perdas de faturamento para a concessionária, naqueles casos onde apresentem tendência de registrar a menos, ou na identificação daqueles casos, onde os medidores apresentem uma tendência de registrar a mais, salvaguardando os direitos dos usuários.

O sistema oferece uma redução de custos operacionais, pela incidência da menor quantidade de reclamações, e por outro lado, esta iniciativa de mostrar o interesse da concessionária em solucionar o problema e investigá-lo, fortalece o seu relacionamento com os consumidores, o que representa um ganho intangível para a empresa.

Os resultados obtidos com essa ferramenta, propiciam a manutenção de um nível elevado com relação à qualidade dos registros dos medidores instalados na sua planta.

Sobre a óptica tecnológica, o funcionamento adequado dos medidores e seus aspectos de manutenção e qualidade frente a problemas, afetam diretamente as receitas advindas do consumo de energia dos usuários da rede elétrica, como visto anteriormente, bem como os custos relativos à sua manutenção. Os estudos realizados pelo Sistema de Gestão Estatística de Medidores podem ser eficazes não somente na classificação do lotes, mas para instrumentar os analistas na avaliação de tendências e acompanhar o ciclo tecnológico dos equipamentos.

O sistema trabalha com conceitos estatísticos, mas é muito simples de ser utilizado, e isto foi tomado como objetivo durante a sua elaboração, visando a sua rápida absorção por parte da concessionária, sem perder qualidade e os objetivos.

As expectativas são de recuperação de receitas e redução de custos conforme o seu nível de utilização ganhe força dentro da concessionária. A utilização sistemática do sistema permitirá atingir o regime operacional relativo ao seu uso e ao conteúdo de informações que ele armazena, além de ampliar a base estatística e comparativa sobre a qual se baseia.

V. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a oportunidade oferecida à KNBS para realizar a organização operacional da modelagem já existente na concessionária, fruto do trabalho iniciado pela CPFL dentro do programa de P&D ANEEL em conjunto com as seguintes empresas: UNISOMA, FUNCAMP (UNICAMP), SEST Serviços Especializados Ltda, e ELUCID Solutions.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Periódicos:

- [1] C.A. dos Reis Filho and H.J. Grados, "Analog CMOS Tesla-Volt Multiplier Circuit" Third IEEE International Caracas Conference on Devices, Circuits and Systems, Cancún, Mexico 15 - 17 March 2000.

- [2] C.A. dos Reis Filho, "Split-Drain MOST Based Circuit for Measuring Electric Power", ESSCIRC'2000 - European Solid-State Circuit Conference, Stockholm, Sweden, 19-21 September 2000.

Livros:

- [3] Júlio Battisti. (2005). SQL SERVER Administração e Desenvolvimento, Ed. Axcel ISBN: 85-7323-249-8, pp. 407-446.
 [4] MANN, N. R., SCHAFFER, R. E., SINGPURWALLA, N. D. Methods for Statistical Analysis of Reliability and Life Data. New York: John Wiley & Sons, 1974. 564p.
 [5] Mário F. Triola, Introdução à Estatística 7ª. Edição, Editora LTC, 1999, pp. 19-58.
 [6] Mário F. Triola, Introdução à Estatística 7ª. Edição, Editora LTC, 1999, pp. 50,152-153.
 [7] Jairo Simon da Fonseca & Gilberto de Andrade Martins, Curso de Estatística, 6ª. Edição, 1996, Editora Atlas.

Relatórios Técnicos:

- [8] Power Business Suite: Relatório Técnico da KNBS – Knowledge Networks and Business Solutions enviado a FAPESP – Fundação de Amparo a Pesquisa do estado de São Paulo, Fev. 2008.
 [9] C.A. dos Reis Filho, Medidor de grandezas elétricas em redes trifásicas voltadas ao gerenciamento da qualidade de energia, Relatório técnico FEEC-Unicamp, Convênio No. 31150, processo 29P11443/99, 2007.

Normas:

- [10] *Regulamento Técnico Metrológico de Medidores de Energia Ativa baseados no Princípio de Indução, Eletromecânicos, referente a Portaria do INMETRO No. 88, abril de 2006.*
 [11] ABNT. *NBR8377: Medidor de energia ativa - Especificação, NBR8378: Medidores de energia ativa – Método de ensaio, NBR5313: Aceitação de lotes de medidores de energia ativa - Procedimento, NBR8372: Medidor de energia reativa – Especificação, NBR8374: Medidor de energia reativa, - Método de ensaio, NBR8373: Aceitação de lotes de medidores – Procedimento, NBR8379: Medidor de energia ativa e reativa – Valores nominais – Disposições dos terminais, Dimensões e Ligações, NBR6509: Eletrotécnica e eletrônica – Instrumentos de medição - Terminologia.*
 [12] ABNT. *NBR14519: Medidores Eletrônicos de energia elétrica (estáticos) – Especificação, NBR14520: Medidores Eletrônicos de energia elétrica (estáticos) - Método de Ensaio.*
 [13] *IEC-60687. Alternating Current Static Watt-Hour Meters for Active Energy (Classes 0,2 S e 0,5 S).*
 [14] *ANSI C12.16. Solid State Electricity Meters.*

VII.