

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Noara Foiatto

**SISTEMATIZAÇÃO DO RECONHECIMENTO DE
IRREGULARIDADES QUE CARACTERIZAM
FRAUDE EM MEDIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA**

Porto Alegre, 2009.

Noara Foiatto

**SISTEMATIZAÇÃO DO RECONHECIMENTO DE IRREGULARIDADES QUE
CARACTERIZAM FRAUDE EM MEDIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Acadêmica, na área de concentração em Sistemas de Qualidade.

Orientador: Christine Tessele Nodari, Dr.

Porto Alegre, 2009.

Noara Foiatto

**SISTEMATIZAÇÃO DO RECONHECIMENTO DE IRREGULARIDADES QUE
CARACTERIZAM FRAUDE EM MEDIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Acadêmica e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Christine Tessele Nodari, Dr.Eng.
Orientador PPGEF/UFRGS

Prof. Flávio Sanson Fogliatto, Ph.D.
Coordenador PPGEF/UFRGS

Banca Examinadora:

Professor Álvaro Gehlen de Leão, Dr. (FENG/PUCRS)

Professor Jose Luis Duarte Ribeiro, Dr. (PPGEF/UFRGS)

Professora Maria Cristina Felippetto de Castro, Dr. (FENG/PUCRS)

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu eterno companheiro, João Miguel, por toda a sua compreensão, estando ao meu lado e apoiando-me incondicionalmente.

À minha família, especialmente aos meus pais, João e Geni, e a minha irmã Noeli, pelos valores que me foram ensinados.

Aos meus amigos e aos meus colegas de mestrado, especialmente a minha grande amiga Janaína, por tudo.

A minha orientadora, Christine, e aos demais professores do PPGEP, pelo conhecimento compartilhado e pela contribuição a minha formação.

Aos membros da banca que aceitaram o convite de participação, dispondo de seu tempo e contribuindo para a avaliação do trabalho.

A equipe do LABELO-PUCRS, especialmente ao Eng. Egon e ao Eng. Álvaro, que em uma parceria estabelecida com as concessionárias de energia elétrica, CEEE, AES Sul e RGE, viabilizaram recursos para a realização deste trabalho. Ao amigo Marcus Vinicius Viegas Pinto, por todo o auxílio prestado.

RESUMO

Irregularidades técnicas verificadas em medidores de energia elétrica, que caracterizam fraude, são responsáveis por grande parte das perdas de energia para o setor de distribuição de energia elétrica, ocasionando, também, perda de receita para o Estado referente aos tributos não recolhidos. O custo da energia furtada é repassado a todos os consumidores sob a forma de perdas não técnicas. Este trabalho foi motivado pela necessidade de mecanismos efetivos que auxiliem no combate a fraudes em medidores de energia elétrica para, assim, reduzir perdas no setor. Para isso, propõe-se um modelo de sistematização do reconhecimento de irregularidades que caracterizam fraude em medidores de energia elétrica, com a emissão de relatórios periciais. A partir dessa sistematização, busca-se a redução das perdas não técnicas de energia mediante o fortalecimento dos mecanismos de punição de fraudadores. Seu desenvolvimento foi estruturado por meio da automação de informações aplicada à padronização de serviços de perícia técnica, com foco na determinação do erro de medição e na inspeção técnica funcional dos medidores. A sistematização proposta foi baseada em um banco de dados hierarquicamente padronizado e em informações de verificações metrológicas que garantam a confiabilidade dos resultados. O modelo proposto foi testado em amostras de medidores fraudados fornecidas por concessionárias distribuidoras de energia elétrica da região sul do Brasil. Como principal resultado, destaca-se o REPEM, *software* que sistematiza o serviço de perícia técnica aplicada a medidores de energia elétrica e que possibilita a produção de relatórios periciais. A partir da análise dos medidores verificados com o uso do REPEM, foi possível o estabelecimento da capacidade de produção de relatórios periciais e o conhecimento dos valores de perdas ocasionadas pelas irregularidades pesquisadas.

Palavras-chave: Medidor de energia elétrica, fraude, automação de serviços, perícia.

ABSTRACT

Technical irregularities found in electrical power meters due to tampering, which are classified as fraud, are responsible for the most part of the energy loss experienced in the sector of electrical power distribution. These frauds also cause revenue losses to the society due to tax evasion. The cost of energy theft is shared with all consumers in the form of non-technical losses. This work suits that context, by means of combating fraud in electric power meters in order to reduce losses due to the strengthening of effective punishment of cheaters. For that is proposed a systematization model of the process for verification of irregularities in electric power meters and the respective issuance of audit reports. Its development is based on the automation of information gathering applied to the standardization of such audits services, therefore focusing on the determination of the measurement error and on the technical audit of meters. The proposed systematization is based on a standardized database which were hierarchically arranged and also from information obtained from metrological calibration audits, thus ensuring the reliability of the results obtained. The proposed model was tested in samples of the power meters tampered provided by the electrical distribution companies in southern Brazil. A main outcome of this research is REPEM, a custom built software that organizes the procedures of technical audit in a legally binding basis as applied to power meters. From the results of analysis conducted on sample power meters audited by REPEM, it was possible to settle the software's report generation functions and the values of the losses arising from the irregularities investigated.

Key-words: electric power meter, fraud, service automation, audits.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma das etapas de desenvolvimento do trabalho.....	16
Figura 2. Representação básica para um sistema de distribuição de energia elétrica	23
Figura 3. Vista de topo da rotação do elemento móvel	26
Figura 4. Representação da força que ocasiona o torque	27
Figura 5. Componentes básicos de um MEE.....	29
Figura 6. Registrador ciclométrico de um MEE.....	32
Figura 7. Associação de engrenagens de um registrador ciclométrico.....	32
Figura 8. Fluxograma para o processo de estimação da incerteza de uma medição	37
Figura 9. Curva normal com seus desvios padrão e nível de confiabilidade.....	41
Figura 10. Enfoque em banco de dados para gerenciamento de dados	49
Figura 11. Caracterização de perdas técnicas e não técnicas de energia elétrica	51
Figura 12. Síntese do método proposto e principais recursos empregados	57
Figura 13. Fluxograma da sistematização do gerenciamento de informações	58
Figura 14. Tolerância para aprovação dos resultados de calibração	66
Figura 15. Pesquisa qualitativa com grupos de estudo para padronizar irregularidades	68
Figura 16. Formulário aplicado ao grupo de estudo para registro de irregularidades	69
Figura 17. Generalização em níveis da estruturação do cadastro de irregularidades	70
Figura 18. Tela principal do <i>software</i> de gerenciamento de informações.....	74
Figura 19. Síntese de atividades com foco na emissão de relatórios periciais	75
Figura 20. Banca de calibração padrão de MEEs.....	79
Figura 21. Padronização das informações para um cabeçalho de um roteiro de calibração	81
Figura 22. Representação parcial de um roteiro de calibração.....	81
Figura 23. Resultado da pesquisa qualitativa aplicada aos grupos de estudo.....	87
Figura 24. Padronização dos resultados da pesquisa qualitativa.....	88
Figura 25. Imagem parcial da estrutura de seleção de irregularidades do banco de dados	89
Figura 26. Processos sistematizados para montagem de relatório pericial.....	91
Figura 27. Representação das informações gerais de um relatório pericial	92
Figura 28. Verificação metrológica de um MEE em um relatório pericial	93
Figura 29. Conclusão referente aos resultados das verificações metrológicas.....	95
Figura 30. Conclusão do relatório pericial referente à inspeção técnica funcional.....	96
Figura 31. Representação parcial das imagens exibidas em um relatório pericial	98
Figura 32. Ano de fabricação das amostras de MEEs trabalhadas	101
Figura 33. Sistema de medição dos MEEs	101

Figura 34. Alocação dos MEEs por tipo de consumidores	102
Figura 35. Representação gráfica das citações de irregularidades por componente	105
Figura 36. Representação parcial das irregularidades para o elemento móvel.....	106
Figura 37. Citação de irregularidades verificadas para o elemento móvel.....	107
Figura 38. Elemento móvel com riscos em sua superfície	107
Figura 39. Elemento móvel irregularmente raspando no entreferro do MEE	108
Figura 40. Registrador ciclométrico com engrenagem interna parcialmente limada.....	109
Figura 41. Irregularidades padronizadas para o registrador ciclométrico	109
Figura 42. Citação de irregularidades realizadas no registrador ciclométrico	110
Figura 43. Registrador ciclométrico com engrenagem desacoplada ao elemento móvel.....	110
Figura 44. Representação parcial das irregularidades padronizadas para a tampa do MEE ..	111
Figura 45. Citação de irregularidades verificadas para a tampa do MEE	111
Figura 46. Modelos de MEE armazenados no banco de dados	112
Figura 47. Perda média de contabilização de energia para dois MEEs T8L.....	115
Figura 48. Tela do REPEM referente aos registros cadastrais do MEE.....	130
Figura 49. Tela do REPEM referente às verificações metrológicas.....	131
Figura 50. Tela do REPEM referente às irregularidades identificadas	132
Figura 51. Tela do REPEM referente às imagens do MEE.....	133
Figura 52. Tela do REPEM para conclusão do relatório pericial.....	133
Figura 53. Resultados de medições gerados pela banca de calibração padrão.....	134
Figura 54. Roteiro de calibração para um MEE Aprel M8L.....	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Algumas distribuições de probabilidade e seus divisores estatísticos	39
Tabela 2. Índice de ocorrência de fraudes em MEEs na Tailândia	53
Tabela 3. Dados cadastrais dos MEEs analisados	59
Tabela 4. Registros cadastrais utilizados para composição do plano de calibração	63
Tabela 5. Contribuições de incerteza para a medição de energia	64
Tabela 6. Registros cadastrais dos MEEs	80
Tabela 7. Valores das contribuições de incerteza para a medição de energia	83
Tabela 8. Planilha para a estimativa do valor de incerteza da medição	83
Tabela 9. Descrição das amostras de MEEs verificados pelos grupos de estudo.....	86
Tabela 10. Identificação utilizada para MEEs reconicionados.....	90
Tabela 11. Quantificação dos tipos de irregularidades padronizadas para os lacres	102
Tabela 12. Quantificação das irregularidades padronizadas para os componentes do MEE .	104
Tabela 13. Quantificação das irregularidades verificadas para o elemento móvel	106
Tabela 14. Quantificação de irregularidades para os modelos de MEE T8L e F-72.....	113
Tabela 15. Irregularidades que impedem o MEE de contabilizar consumo	114
Tabela 16. Capacidade de produção mensal de MEEs	116
Tabela 17. Planilha analise_calibracao.....	135

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS.....	9
1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 TEMA E OBJETIVOS.....	14
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	14
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA DO TEMA E DOS OBJETIVOS.....	15
1.3 MÉTODO DE PESQUISA.....	15
1.4 DELIMITAÇÃO DE ESTUDO.....	19
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	20
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
2.1 SISTEMA DE ENERGIA ELÉTRICA.....	22
2.1.1 TIPOS DE MEEs.....	24
2.1.2 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DE UM MEE POR INDUÇÃO.....	25
2.1.3 COMPONENTES DE UM MEE POR INDUÇÃO.....	28
2.1.4 CALIBRAÇÃO DE MEE.....	33
2.2 TOLERÂNCIA DE SISTEMAS DE MEDIÇÃO.....	41
2.3 FRAUDES EM MEEs.....	43
2.4 O SERVIÇO DE PERÍCIAS.....	45
2.5 AUTOMAÇÃO DE INFORMAÇÕES.....	47
2.6 PERDAS DE ENERGIA ELÉTRICA.....	49
2.6.1 O CONTROLE MUNDIAL DE PERDAS DE ENERGIA.....	52
2.6.2 INTANGIBILIDADE DE PERDAS.....	54
3 MODELO PROPOSTO.....	56
3.1 REGISTROS CADASTRAIS.....	59
3.2 VERIFICAÇÕES METROLÓGICAS (MEDIÇÃO).....	60
3.2.1 TESTE CICLOMÉTRICO.....	61
3.2.2 CALIBRAÇÃO DO MEE.....	62

3.2.3	INCERTEZA DA MEDIÇÃO.....	64
3.2.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS VERIFICAÇÕES METROLÓGICAS	65
3.3	BANCO DE DADOS HIERARQUICAMENTE PADRONIZADO.....	67
3.3.1	IRREGULARIDADES PADRONIZADAS.....	68
3.3.2	O MAPEAMENTO DE IRREGULARIDADES	71
3.4	MODELO DE RELATÓRIO PERICIAL.....	72
4	AUTOMAÇÃO DO MODELO.....	74
4.1	ESTRUTURA OPERACIONAL DO SISTEMA DESENVOLVIDO.....	75
4.2	AUTOMAÇÃO DOS SERVIÇOS DE MEDIÇÃO	77
4.2.1	ROTEIROS DE CALIBRAÇÃO	79
4.2.2	CÁLCULO DA INCERTEZA	82
4.2.3	AValiação DOS RESULTADOS	84
4.3	PADRONIZAÇÃO DAS IRREGULARIDADES	86
4.4	RELATÓRIOS PERICIAIS	91
5	RESULTADOS.....	100
5.1	ÍNDICE DE IRREGULARIDADES PESQUISADAS	103
5.2	ÍNDICE DE PERDAS NÃO TÉCNICAS	114
5.3	CAPACIDADE DE PRODUÇÃO	116
5.4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA SISTEMÁTICA ADOTADA.....	117
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	119
6.1	CONCLUSÕES.....	119
6.2	TRABALHOS FUTUROS	121
	APÊNDICE A – ESTRUTURA FUNCIONAL DO REPEM	130
	APÊNDICE B – EXEMPLO DE UM RESULTADO DE UMA CALIBRAÇÃO	134
	APÊNDICE C – EXEMPLO DE UMA PLANILHA ANALISE_CALIBRACAO	135
	APÊNDICE D – EXEMPLO DE UM ROTEIRO DE CALIBRAÇÃO	136

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é uma das formas de energia mais utilizada pelo homem, graças à sua facilidade de transmissão e ao baixo índice de perda energética durante conversões. Segundo Monticelli e Garcia (2003), o sistema de energia elétrica é composto por geradores, transformadores, cargas, linhas de transmissão, linhas de distribuição e medidores de energia elétrica (MEEs). O funcionamento adequado desses componentes é fator imprescindível para que se garanta a eficiência no setor de distribuição e de comercialização de energia elétrica. Contudo, existe a possibilidade de ocorrência de irregularidades que impedem o correto funcionamento de cada um desses componentes.

Segundo a Nota Técnica número 035 de 2007, da ANEEL, é conhecida a existência de perdas de energia ao longo da cadeia produção-transporte-consumo de energia elétrica. Essas perdas costumam ser classificadas em dois grandes grupos: perdas técnicas e perdas não técnicas, que serão descritas a seguir.

- As perdas técnicas constituem a quantidade de energia elétrica dissipada entre os suprimentos de energia da concessionária distribuidora e os pontos de entrega nas instalações das unidades consumidoras ou distribuidoras supridas. Essas perdas são decorrentes das leis da Física e podem ser de origem térmica, dielétrica ou magnética.
- As perdas não técnicas são apuradas pela diferença entre as perdas totais e as perdas técnicas, considerando, portanto, todas as demais perdas associadas à distribuição de energia elétrica, como, por exemplo, furtos de energia e erros de medição. Essas perdas estão diretamente associadas à gestão comercial da concessionária distribuidora de energia. Integram o grupo de perdas não técnicas as irregularidades verificadas em MEEs que, intencionalmente, alteram seu desempenho normal de medição. Um conjunto dessas irregularidades caracteriza a ação de fraudar MEEs.

As perdas técnicas são controladas pelas empresas envolvidas na geração e na distribuição de energia mediante a manutenção e a atualização contínua dos componentes usados no sistema. Segundo Araujo e Siqueira (2006) é inerente ao processo de transmissão e de distribuição de energia elétrica a existência de certo nível de perdas técnicas, como aquelas decorrentes da interação da corrente elétrica e de seus campos eletromagnéticos com o meio físico de transporte de energia. Para Almeida *et al.* (2006), o investimento inicial para

otimizar a perda técnica é muito elevado, pois exige alterações na infra-estrutura de geração, transmissão e distribuição de energia. Com isso, um dos desafios atuais das concessionárias distribuidoras de energia é a redução dos níveis de perdas não técnicas, pois não exigem tanto investimento.

Para a redução das perdas não técnicas, grande parte dos esforços concentra-se na gestão das perdas decorrentes de fraudes no sistema de medição de energia elétrica. As fraudes nos MEEs estão diretamente ligadas às perdas de receita das concessionárias de energia elétrica e constituem-se, portanto, em uma das preocupações primárias dos departamentos de perdas dessas empresas. Segundo Medeiros (1997), a medição de energia elétrica é empregada, na prática, para possibilitar à entidade fornecedora o faturamento adequado da quantidade de energia elétrica consumida por cada usuário, dentro de uma tarifa estabelecida. Com isso, de forma simplificada, considerando-se o processo de tarifação e de cobrança de energia elétrica, as perdas de energia representam, também, perda de receita para o Estado, visto que cerca de 30% do valor de uma conta residencial é composto por tributos (ICMS, PIS e COFINS). Além disso, o custo da energia furtada é repassado a todos os consumidores sob a forma de perdas não técnicas.

Assim, considerando-se o número crescente de casos de fraudes identificadas pelo setor de perdas não técnicas das concessionárias, verificou-se uma grande dificuldade para a produção de relatórios periciais reconhecidos pela Justiça. No Rio Grande do Sul, em função desse panorama, foi estabelecido um termo de cooperação entre o Ministério Público (MP), a Secretaria da Justiça e Segurança do Rio Grande do Sul (SJS-RS), as concessionárias de energia elétrica (CEEE, AES Sul e RGE) e a Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul (AGERGS) a fim de instrumentalizar um fluxo de trabalho para produção de relatórios periciais e para o fortalecimento do combate ao furto de energia elétrica.

A Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), através dos Laboratórios Especializados em Eletroeletrônica (LABELO), é acreditada pelo INMETRO para atuar como laboratório de calibração de equipamentos de medição e como laboratório de ensaios para certificação de produtos atendendo aos requisitos de competência para laboratórios de calibração e de ensaios, conforme a norma NBR ISO IEC 17025:2005. Assim, o LABELO, da PUCRS, por ser uma instituição independente e já atuar como órgão de produção de relatórios técnicos para a certificação de produtos, apresentou condições de

produzir relatórios periciais com sustentabilidade metrológica atendendo às especificações do projeto proposto. Esta dissertação consolida as etapas metodológicas para o desenvolvimento do produto (*software*) que sistematiza a produção de relatórios periciais.

1.1 TEMA E OBJETIVOS

O tema desta dissertação é a sistematização da identificação de irregularidades que caracterizam fraudes no sistema de medição de energia elétrica, especificamente nos equipamentos destinados à medição de energia elétrica. Esse tema merece destaque devido à significância das perdas econômicas impostas, de forma direta, às empresas concessionárias de energia elétrica e, de forma indireta, à sociedade. Objetivamente, esta dissertação enfoca a sistematização do processo de identificação de irregularidades técnicas em MEEs mediante a emissão de relatórios periciais de forma padronizada.

1.1.1 *Objetivo geral*

O presente trabalho visa à proposição de um sistema automatizado de verificação de irregularidades em MEEs e de emissão de relatórios periciais. A sistematização de um modelo de gerenciamento de processo baseado em necessidades estabelecidas pelas deficiências do atual sistema de reconhecimento de fraudes técnicas em MEE constitui-se o problema-alvo deste trabalho.

1.1.2 *Objetivos específicos*

Constituem objetivos específicos deste trabalho

- a estruturação de um banco de dados hierarquicamente padronizado que facilite o acesso às informações sobre tipos de irregularidades de forma sistemática e que reduza as variações nas interpretações de diferentes tipos de fraudes para MEEs eletromecânicos;
- o estabelecimento de verificações metrológicas que garantam confiabilidade aos diagnósticos e subsidiem os resultados de irregularidades identificadas;
- a padronização de relatórios periciais, a partir da elaboração de um modelo, os quais serão gerados automaticamente por um *software* após a conclusão das verificações metrológicas e da inspeção técnica funcional aplicadas aos MEEs.

1.2 JUSTIFICATIVA DO TEMA E DOS OBJETIVOS

Uma das principais ações no combate às fraudes que são realizadas nos MEEs responsáveis pelo registro de consumo de energia é a punição dos infratores. Para que um infrator seja punido, é necessário que seja aberto um processo judicial em que a fraude no MEE deve ser atestada por meio de um relatório pericial reconhecido pelo sistema judiciário. O sistema atualmente utilizado para formalizar o processo judicial de penalização dos fraudadores não tem sido eficaz pela dificuldade de apresentação de relatórios periciais que sejam reconhecidos pela Justiça como isentos e que, ao mesmo tempo, atendam à demanda crescente de casos de fraudes identificados por concessionárias de energia elétrica do Rio Grande do Sul.

Por questões de deficiências e de limitações de infra-estrutura técnica, atualmente, o tempo necessário para a emissão de um relatório pericial é indeterminado. Tendo-se em vista os trâmites de um processo judicial, esse período pode ser considerado um intervalo de tempo excessivamente grande entre a informação técnica e a ação da justiça. Informações obtidas nos setores de perdas não técnicas das concessionárias que atendem o Estado do Rio Grande do Sul indicam que, atualmente, há mais de 500 MEEs que necessitam, mensalmente, de perícias para serem encaminhados à Justiça. Para Bandim *et al.* (2004) e Suriyamongkol (2002) o furto de energia devido a fraudes em MEE é uma das maiores causas das perdas não técnicas.

1.3 MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho se caracteriza como uma pesquisa de natureza aplicada, uma vez que propõe uma sistemática de identificação de irregularidades realizadas em MEEs, classificando-se como uma pesquisa de abordagem mista, uma vez que trata os problemas de forma qualitativa e quantitativa. Além disso, a pesquisa possui objetivos de caráter exploratório e explicativo. Os objetivos da pesquisa exploratória são a investigação e a análise das informações obtidas mediante revisão bibliográfica, realizada em grupos de estudo. Já a pesquisa explicativa é atribuída aos recursos que sustentam as informações de diagnósticos das fraudes. Neste caso, citam-se a verificação metrológica dos MEEs envolvidos e a padronização dos termos técnicos utilizados. Por fim, a proposta para a solução de um

problema coletivo orienta procedimentos voltados à pesquisa-ação. O desenvolvimento deste trabalho ocorre conforme o fluxograma da Figura 1.

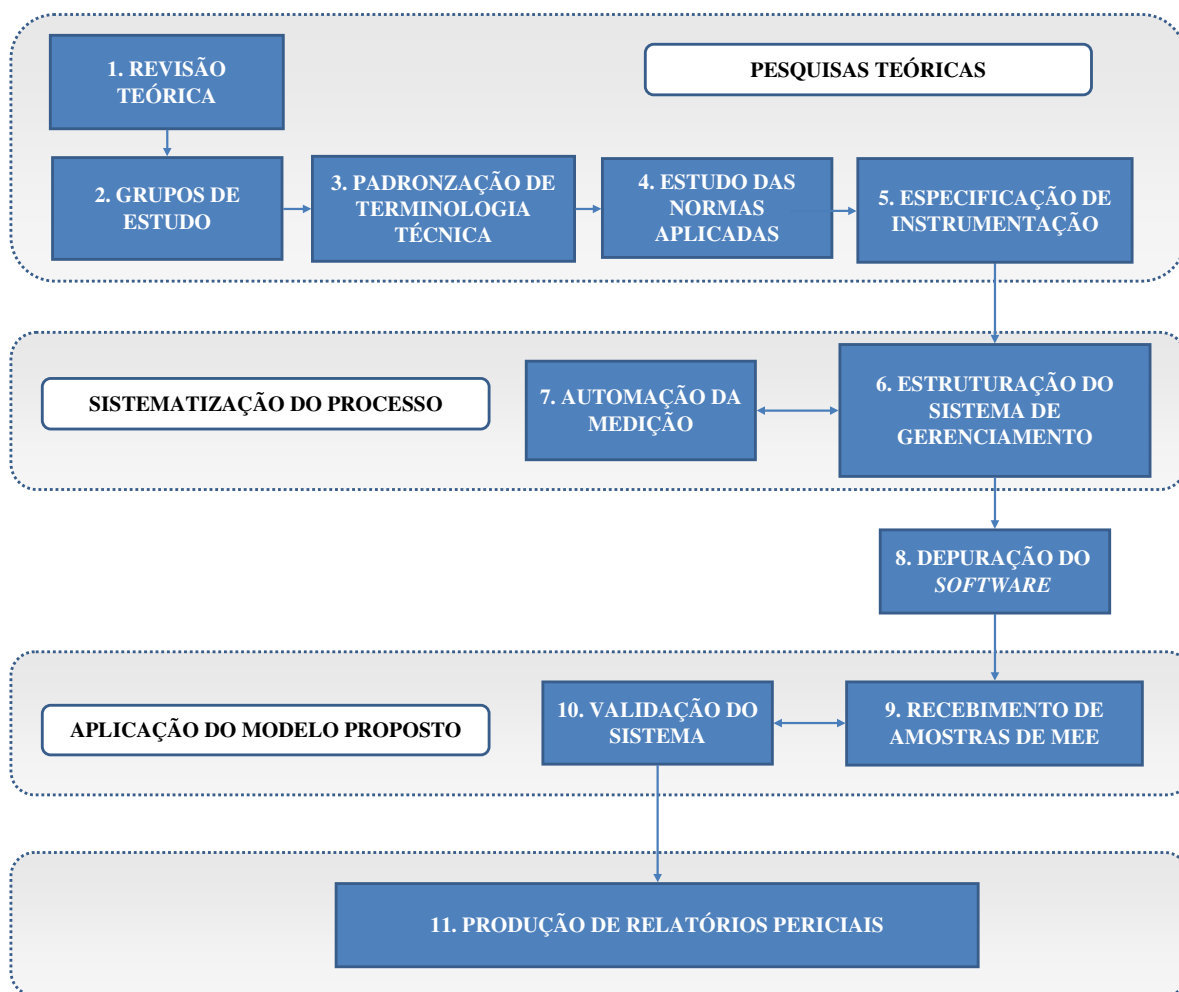


Figura 1. Fluxograma das etapas de desenvolvimento do trabalho

As etapas metodológicas apresentadas na Figura 1 são descritas, sucintamente, a seguir:

1. A **revisão teórica** fundamenta os conceitos relacionados à medição de energia elétrica, às verificações metrológicas e às irregularidades que caracterizam fraudes realizadas em MEEs.
2. A realização de **grupos de estudos**, com especialistas, para levantamento e especificação de tipos de fraudes. Essa etapa consiste em proceder a uma pesquisa com pessoal especializado e com experiência na identificação dos diferentes tipos de fraudes realizadas em MEEs. As pessoas envolvidas são peritos e especialistas do setor de perdas das

concessionárias, do setor de engenharia de fábricas e de empresas de recondicionamento de MEEs.

3. A **padronização da terminologia técnica** utilizada no banco de irregularidades técnicas. As fraudes possíveis de serem realizadas em MEEs são conhecidas por seus fabricantes, por peritos e por especialistas de empresas de manutenção. O conhecimento desses profissionais e a consulta a uma nomenclatura padronizada (normas de referência) servirão como base para a construção do banco de dados. A finalidade dessa etapa é que todos utilizem a mesma linguagem, agrupando termos que se referem à mesma característica.
4. A realização do **estudo das normas aplicadas** à verificação de MEEs e requisitos metrológicos, identificando-se referências pertinentes como: a NBR ISO/ IEC 17025, a IEC 62052-11: 2003-02 e a NBR 14519. As normas IEC 62052-11: 2003-02 e a NBR 14519, relacionam-se a itens de construção, operação e ensaios de desempenho e de segurança de MEEs. A NBR ISO/IEC 17025, estabelece critérios mínimos para a acreditação de laboratórios de calibração. Com base em informações desta norma, será referenciada a verificação metrológica dos relatórios periciais emitidos pelo sistema de gerenciamento do processo de reconhecimento de irregularidades em MEEs.
5. A **especificação da instrumentação** (*hardware*) que fornecerá apoio aos argumentos metrológicos (medições) para a sustentação dos diagnósticos atribuídos aos MEEs. A instrumentação será responsável por evidenciar o erro de medição associado ao medidor de energia elétrica (MEE) verificado. Na presença de fraude, em geral, um MEE realiza medidas com erros significativos de medição. Neste caso, a instrumentação, através de rastreabilidade metrológica, proverá confiabilidade à estimativa de tais erros de medição. A referida instrumentação atuará como referência para o processo de verificação metrológica, e deve apresentar especificações de trabalho melhores que os MEEs verificados.
6. A **estruturação do sistema de gerenciamento** de informações de MEEs e de suas irregularidades, se deve à complexidade e à quantidade de variáveis a serem processadas, como, por exemplo, cadastro de MEE, unidade consumidora, concessionária, planos de calibração, montagem de relatórios, disponibilidade de consultas, rastreabilidade de informações e automação de dados via rede de computadores. O sistema de gerenciamento

será estruturado a partir do desenvolvimento de um *software* baseado em um banco de dados, utilizando-se uma linguagem de programação conhecida como *Structured Query Language* (SQL) ou Linguagem de Consulta Estruturada. O desenvolvimento desse *software* de gerenciamento será realizado por uma empresa contratada com recursos alocados no projeto de pesquisa.

7. A **automação da medição** (verificação metrológica) constitui o elo de ligação entre o *hardware* e o *software* do sistema de gerenciamento, tendo como resultados os valores de erros de medição de cada MEE. O processo de configuração da instrumentação envolvida bem como a leitura dos valores de medição representam uma parcela de tempo que pode ser otimizada em qualquer processo produtivo. Frente à quantidade significativa de MEEs a serem verificados, a identificação manual de irregularidades de forma desestruturada gera um processo lento e dispendioso para todas as partes envolvidas.
8. A **depuração de dados** do *software* de gerenciamento desenvolvido se relaciona à interface de comunicação com o usuário e ao gerenciamento de aplicativos. Nessa etapa, serão realizados testes funcionais e sistêmicos voltados à identificação de irregularidades em MEE. Tais testes são necessários para que as próximas etapas do trabalho não sejam comprometidas por erros que envolvam a operacionalidade do *software* com o usuário.
9. O **recebimento de amostras** de MEEs das concessionárias de energia elétrica, que apresentem indícios de fraudes. Para a construção e a validação do sistema de gerenciamento desenvolvido, serão verificadas amostras de MEEs, retiradas de consumidores reais, com indícios de fraudes indicadas pelo setor de inspeção das concessionárias distribuidoras de energia elétrica.
10. A **validação de dados** que envolvam a padronização de irregularidades, bem como toda a sistematização proposta, será realizada por peritos e por especialistas em MEEs, utilizando-se amostras recebidas das concessionárias distribuidoras de energia elétrica. Objetiva-se, com isso, que as irregularidades cadastradas assim como a nomenclatura padronizada sejam efetivamente entendidas e utilizadas com facilidade por outros usuários que apresentem conhecimento em MEEs.
11. A **produção de relatórios periciais** a partir do sistema de gerenciamento validado disponibilizará à sociedade um instrumento auxiliar em discussões que envolvam questionamentos técnicos sobre a conformidade de MEEs. Além da produção de relatórios

periciais, tendo-se o controle de informações descritas neles, é possível estimar-se a ocorrência de fraudes e os percentuais de perdas de energia contabilizadas associadas a elas. Isso viabilizará ações de medidas preventivas na fabricação de MEEs e nas técnicas de medição empregadas pelas concessionárias distribuidoras de energia elétrica.

1.4 DELIMITAÇÃO DE ESTUDO

O presente trabalho apresenta uma metodologia de sistematização de processo, abordando o MEE e seus componentes construtivos. Não serão contemplados casos que envolvam acessórios para a medição de energia elétrica, tais como transformadores de corrente, transformadores de potencial e ramais de ligação. Embora tais acessórios também constituam o processo de medição, podem ser dissociados dos MEEs para realização de fraudes no sistema de medição.

Considerando-se o foco da pesquisa – as irregularidades que caracterizam fraude especificamente nos equipamentos MEEs – e considerando-se que, para a ação da referida fraude, deve haver o rompimento ou a falsificação dos lacres de proteção dos MEEs, a análise do lacre corresponde a uma delimitação deste trabalho. Um fator decisivo para o estabelecimento dessa delimitação consiste no confronto entre a isenção do conteúdo exposto em um relatório pericial e a análise do lacre, que é uma tecnologia que atende a interesses exclusivos do comércio de energia elétrica.

Portanto, a verificação de irregularidades referentes aos lacres dos MEEs se restringirá à descrição objetiva de duas situações: o lacre está ausente, e o lacre está violado ou rompido. Assim, violação e rompimento correspondem a sinônimos, visto que envolvem ações contra o dispositivo de proteção do MEE. Para os casos em que o lacre estiver em condições que indicam sua integridade, sem estar rompido ou violado, não serão descritas observações nos relatórios. Nestes casos, apenas serão exibidas as imagens deles, disponibilizando-se, com isso, informações visuais sobre o seu estado de recebimento.

Por fim, devido ao fato de as amostras obtidas para a pesquisa serem originárias de concessionárias do sul do país, os resultados serão caracterizados pela cultura e pela comercialização de energia elétrica desta região. Além disso, as amostras dos MEEs, por uma questão mercadológica brasileira, serão limitadas, em sua maioria, ao tipo eletromecânico, e

todas as amostras serão coletadas a partir de situações que contêm indício de algum tipo de fraude.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação está estruturada em seis capítulos. O capítulo 1 expõe uma visão geral do problema abordado, além dos objetivos, das etapas e das delimitações da pesquisa.

O capítulo 2 apresenta as bases teóricas utilizadas no desenvolvimento do estudo, onde são abordados os conceitos de sistemas de medição de energia elétrica e seus componentes, destacando-se a construção de MEEs, que, por sua vez, são o alvo de fraudes que objetivam a redução ou a interrupção da contabilização do consumo de energia. Por consequência disso, procede-se a uma revisão sobre fraudes, calibração de MEEs e perdas de energia elétrica, com conteúdos acerca da automação da emissão de relatórios periciais a partir da estruturação de um banco de dados hierarquicamente padronizado com foco na identificação de irregularidades funcionais de MEEs.

Para a sistematização dos serviços de perícia técnica há também a necessidade de discutir a automação de informações, a qual possibilita o gerenciamento de recursos para a emissão dos referidos relatórios. Isso faz com que o assunto de perdas de energia ocasionadas por furto seja abordado, citando-se ações tomadas por outros países para combatê-las e apresentando-se um conteúdo sobre a intangibilidade de custos por elas ocasionada.

O capítulo 3 expõe o modelo conceitual proposto nesta dissertação. São apresentadas as características do modelo, o processo de identificação de irregularidades, a estrutura do banco de dados, as medições realizadas e a emissão de relatórios. Além disso, são objetivamente descritos neste capítulo indicadores que podem ser utilizados para mapear tipos de irregularidades.

O capítulo 4 apresenta a execução das atividades envolvidas em toda a sistematização proposta no capítulo 3. Com isso, são descritas as atividades sistematizadas para o reconhecimento das irregularidades nos MEEs, por meio da aplicação do modelo para um MEE específico, e a etapa de validação de dados.

No capítulo 5, apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos, enfatizando-se os tipos de irregularidades identificadas com maior incidência para o total de amostras verificadas. Também são relacionados os valores de perdas tipicamente associados aos tipos de irregularidades.

O capítulo 6 é composto pela conclusão do trabalho e por sugestões de trabalhos futuros. São discutidas, principalmente, idéias associadas às delimitações de estudo, por constituírem-se potenciais fontes de pesquisa e melhorias a serem realizadas na área de estudo em que se insere esta pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentadas as bases conceituais utilizadas para a construção de um modelo que sistematiza o processo de reconhecimento de irregularidades em MEEs, com a emissão de relatórios periciais. A referida sistematização baseia-se na inspeção técnica funcional e nas perdas referentes às fraudes em MEEs. Para tal, serão revisados conceitos básicos de sistemas de energia elétrica, com atenção ao MEE e às perdas ocasionadas pela ação de fraudes com a intenção do desvio da contabilização de energia consumida.

Para automação da emissão dos relatórios periciais, além de conceitos funcionais dos componentes de um MEE, serão revisados conceitos de metrologia, aplicados a sua calibração. Os resultados de uma calibração constituem um importante subsídio para sustentar os valores dos erros de medição dos MEEs analisados, atuando diretamente como estimativas das perdas ocasionadas pelas fraudes.

Serão enfatizadas as perdas não técnicas de energia elétrica, ocasionadas por alterações específicas no funcionamento dos MEEs. Nesse caso, serão discutidos diferentes tipos de fraudes possíveis de serem executadas em MEEs eletromecânicos, e que por sua vez devem constituir a base para a automação do processo por meio da estruturação de um banco de dados hierarquicamente padronizado. Por envolver o gerenciamento de informações, provenientes de diferentes aplicativos, abordar-se-á, também, o assunto referente à automação de informações, aplicada a serviços de perícia técnica em MEEs. Para consolidação de um modelo de relatório pericial, será revisado o serviço de perícias.

Por fim, serão apresentadas algumas pesquisas, realizadas em outros países, para a solução do problema de perda de energia devido ao furto também ocasionado em outros países. Tais perdas serão discutidas com questões referentes a sua intangibilidade motivacional, e pelo desestímulo que pode ser causado por meio de punições eficazes aos fraudadores.

2.1 SISTEMA DE ENERGIA ELÉTRICA

De acordo com Beaty (1998) e Monticelli e Garcia (2003), um sistema de energia elétrica consiste basicamente nas etapas de geração, de transmissão e de distribuição de

energia. A Figura 2 representa essas três etapas, onde a etapa de geração consiste no processo de conversão de recursos naturais em energia elétrica, a etapa de transmissão consiste nas formas de transporte da energia, e a etapa de distribuição constitui a entrega final ao consumidor.

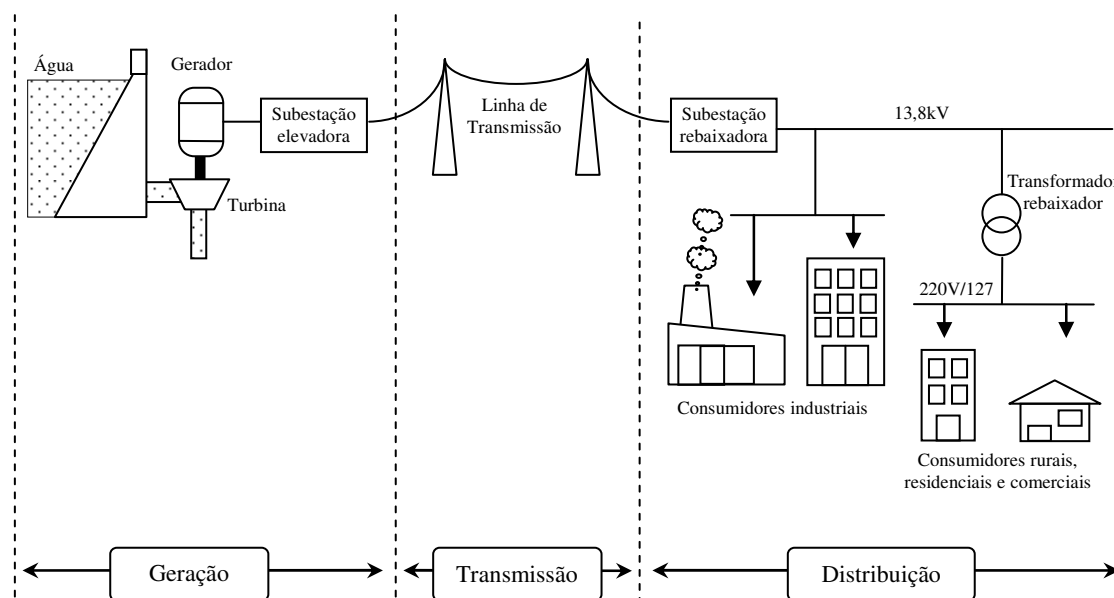


Figura 2. Representação básica para um sistema de distribuição de energia elétrica

Fonte: Adaptado de Beaty (1998)

A etapa de distribuição, portanto, consiste na disponibilização final de energia elétrica aos consumidores, sejam esses rurais, residenciais, comerciais ou industriais. Conforme indicado na Figura 2, para Beaty (1998) alguns componentes de um sistema de energia ao longo de toda a sua cadeia consistem em:

- Transformadores elevadores e circuitos de chaveamento nas usinas de geração de energia. Para Monticelli e Garcia (2003) tais componentes têm a finalidade de transformar a potência gerada dos níveis de tensão de geração para os níveis de tensão de transmissão, com a conseqüente redução dos níveis de corrente, e, portanto, das perdas técnicas de transmissão relacionadas às perdas ôhmicas.
- Linhas de transmissão.
- Transformadores rebaixadores que ligam circuitos de subestações de transmissão. Esses transformadores alimentam consumidores rurais, residenciais, comerciais e industriais, e são conectados diretamente nas linhas de transmissão (BEATY, 1998). Por razões práticas, a potência entregue aos centros de carga, em geral, não pode ser consumida nos

níveis de tensão em que é feita a transmissão, o que explica o uso dos transformadores rebaixadores de tensão. (MONTICELLI e GARCIA, 2003).

- Subestações de distribuição que possuem transformadores rebaixadores, chaves, disjuntores, reguladores, equipamentos de monitoração, entre outros. Neste caso, os transformadores rebaixadores, quando utilizados, são componentes que auxiliam na medição de energia, através da redução dos níveis de carga envolvidos (SURIYAMONGKOL, 2002).

Além desses componentes, um sistema de energia elétrica possui equipamentos, especialmente utilizados na etapa de distribuição de energia, destinados à contabilização do consumo de energia para cada unidade ligada na rede elétrica de concessão da concessionária. Considerando-se o foco deste trabalho, os equipamentos de interesse são os MEEs instalados em circuitos rurais, residenciais, comerciais e industriais na etapa de distribuição. Segundo Balbinot e Brusamarello (2006) a energia pode ser definida como a quantidade de trabalho que um sistema é capaz de realizar, e é definida matematicamente como a integral da potência para um intervalo de tempo. Segundo a NBR 14519 (BRASIL, 2000) o MEE é o equipamento destinado a medir energia elétrica através da integração de potência em relação a um determinado intervalo de tempo.

2.1.1 *Tipos de MEEs*

A medição de energia elétrica em corrente alternada pode ser realizada utilizando-se dois tipos básicos de medidores: os MEEs por indução (eletromecânicos) e os MEEs estáticos (eletrônicos). A norma IEC 62052-11 (SUIÇA, 2003) define o MEE do tipo eletromecânico sendo aquele onde a corrente elétrica que flui em bobinas fixas reage às correntes induzidas em um elemento condutor móvel, geralmente discos, o que causa o seu movimento proporcional à energia a ser medida. Segundo Balbinot e Brusamarello (2006) os MEEs eletromecânicos são constituídos por três circuitos elétricos acoplados magneticamente: dois fixos (bobinas de tensão e de corrente) e um elemento móvel (disco) que gira em torno do eixo do sistema. O elemento móvel, como é definido na Portaria do INMETRO número 88 (BRASIL, 2006), é geralmente construído por alumínio, e é montado em um eixo rígido. Esse componente é ligado a um contador que tem a função de registrar o número de voltas dadas pelo elemento móvel (BALBINOT e BRUSAMARELLO, 2006). O número de voltas

contabilizadas é diretamente proporcional ao valor de energia consumida em um intervalo de tempo.

Com a evolução da eletrônica surgiram os MEEs eletrônicos, que diferenciam-se construtivamente por não possuírem partes móveis como os MEE eletromecânicos. A norma IEC 62052-11 (SUIÇA, 2003) define que o MEE eletrônico corresponde ao medidor em que a tensão e a corrente atuam em elementos de estado sólido (componentes eletrônicos) para produzir uma saída proporcional à potência, ou a energia a ser medida. Para Balbinot e Brusamarello (2006) os MEEs eletrônicos são baseados em circuitos multiplicadores de tensão e corrente, podendo estes serem analógicos ou digitais. Os mais modernos modelos de MEE são implementados a partir de sistemas digitais dedicados, possibilitando a realização de leituras mais rápidas, bem como o processamento e armazenamento dos dados coletados.

Cada tipo de MEE pode se apresentar também em diferentes configurações de medição, a citá-las: monofásica, bifásica e trifásica. As duas últimas também são conhecidas como ligações polifásicas, por envolverem a medição de energia elétrica em mais de uma fase da rede de distribuição de energia. Segundo a Portaria do INMETRO número 88 (BRASIL, 2006) um MEE monofásico de dois fios, possui um elemento motor, com uma bobina de corrente e uma bobina de potencial e o MEE polifásico, possui dois ou três elementos motores, com uma ou duas bobinas de corrente e uma bobina de potencial em cada elemento motor.

A construção de MEE monofásicos e polifásicos deve-se basicamente à necessidade de realizar-se medições de energia para diferentes tipos de usuários e em diferentes instalações da rede de distribuição de energia elétrica. O foco deste trabalho é a identificação de irregularidades em MEEs do tipo eletromecânicos ou por indução.

2.1.2 Princípio de funcionamento de um MEE por indução

Segundo Onesti (1981), existem diversos tipos construtivos de MEE por indução, todos baseados no funcionamento mediante dois campos magnéticos alternados, convenientemente defasados entre si. Suriyamongkol (2002) considera tal fluxo magnético produzido por duas bobinas: uma bobina que produz o fluxo magnético proporcional à tensão da carga e outra bobina, conectada em série com a carga, que produz um fluxo magnético proporcional à corrente. A partir dos campos eletromagnéticos são induzidas correntes

elétricas no elemento móvel (disco) metálico (alumínio ou cobre, por exemplo). Forças devido aos campos eletromagnéticos põem em rotação o elemento móvel sobre seu eixo (Figura 3).

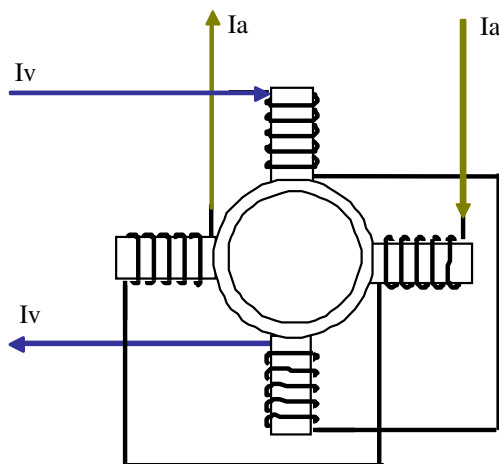


Figura 3. Vista de topo da rotação do elemento móvel

Fonte: Onesti (1981)

A equação 1 apresenta o cálculo de torque que é proporcional às intensidades das correntes, que produzem os campos eletromagnéticos, e ao seno do ângulo β de defasagem delas. A Figura 4 representa a força ocasionada pelo referido torque.

$$T = K_1 \cdot I_v \cdot I_a \cdot \text{sen}(\beta)$$

Equação 1

Onde:

- T: torque médio (N.m)
- K_1 : coeficiente de proporcionalidade
- I_v : corrente elétrica (A) proporcional à tensão da carga
- I_a : corrente elétrica (A) proporcional à corrente da carga
- β : defasagem ($^\circ$) entre as correntes I_v e I_a

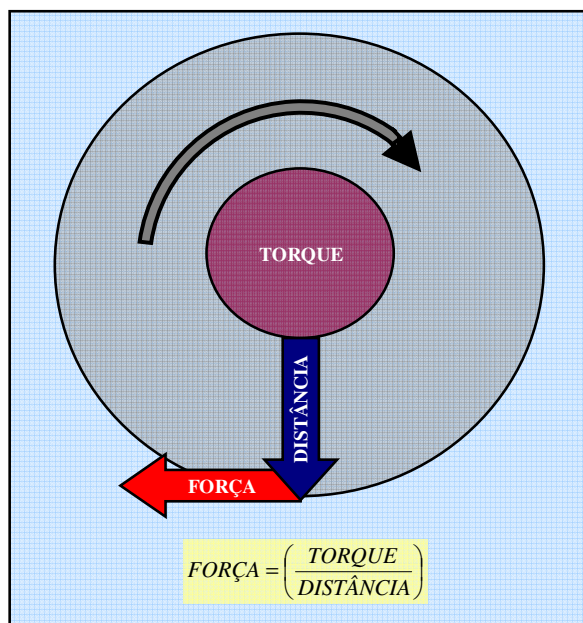


Figura 4. Representação da força que ocasiona o torque

Fonte: Adaptado de <http://www.craig.backfire.ca/pages/autos/horsepower>. Acesso em 20/12/08.

Segundo Balbinot e Brusamarello (2006) e Onesti (1981) o torque provoca uma aceleração angular na rotação do elemento móvel, que é compensada por resistências passivas, e pela ação do freio de um ímã permanente, cujo fluxo magnético atravessa uma parte da periferia do elemento móvel. A interação entre esses elementos é responsável pelo equilíbrio de forças que regularizam o giro do elemento móvel, sem que ele entre em movimento acelerado sem parar. Com isso, introduz-se um amortecimento que faz com que o elemento móvel gire equilibradamente, apresentando uma dependência linear entre a velocidade angular e a potência consumida que está sendo medida (BALBINOT e BRUSAMARELLO, 2006).

Para Medeiros (1997) a velocidade angular pode ser ajustada de forma que o número de rotações do elemento móvel seja proporcional a energia solicitada pela carga de energia consumida durante um intervalo de tempo. Para isso, o elemento móvel dará um determinado número de voltas a cada Watt-hora (Wh) consumido. Por ser então a velocidade angular proporcional ao torque, o número de giros do elemento móvel, será proporcional ao trabalho elétrico desenvolvido, que é definido como a medida de energia transferida entre sistemas (Equação 2).

$$n = C \int_{t_1}^{t_2} U.I.\cos \varphi .dt$$

Equação 2

Onde:

- n : trabalho elétrico proporcional ao número de rotações do elemento móvel
- C : é um valor constante
- I : é a corrente (A) que circula na carga e que é medida na bobina de corrente do MEE
- U : é a tensão (V) que é medida na bobina de potencial do MEE.
- φ : é a defasagem (°) entre I e U

Para MEEs eletromecânicos a forma adotada para indicação do valor de energia medido consiste na indicação dos seus registradores ciclométricos ou dos seus ponteiros, responsáveis por quantificar o número de voltas que o elemento móvel completou para determinado consumo de energia. Tais registradores ciclométricos indicam o valor de energia consumida por meio de um sistema mecânico de engrenagens. O conhecimento dos componentes de um MEE, como o registrador ciclométrico, as bobinas de tensão, as bobinas de corrente e o elemento móvel, é relevante para o entendimento de seu funcionamento.

2.1.3 Componentes de um MEE por indução

A composição básica de um MEE eletromecânico pode ser generalizada observando-se que MEEs polifásicos (de n fases) são constituídos basicamente, por n MEEs monofásicos, com adaptações em seu circuito de medição. Segundo a Portaria do INMETRO número 88 (BRASIL, 2006) o MEE monofásico é constituído basicamente por uma bobina de corrente e uma bobina de potencial, e o MEE de energia polifásico é constituído por uma ou duas bobinas de corrente e uma bobina de potencial em cada elemento motor. A portaria define elemento motor como o conjunto formado pela bobina de potencial e seu núcleo, destinado a produzir um conjugado motor sobre o elemento móvel. A Figura 5 apresenta um croqui com uma vista frontal e uma vista superior da construção de um MEE monofásico, com a disposição de seus elementos básicos.

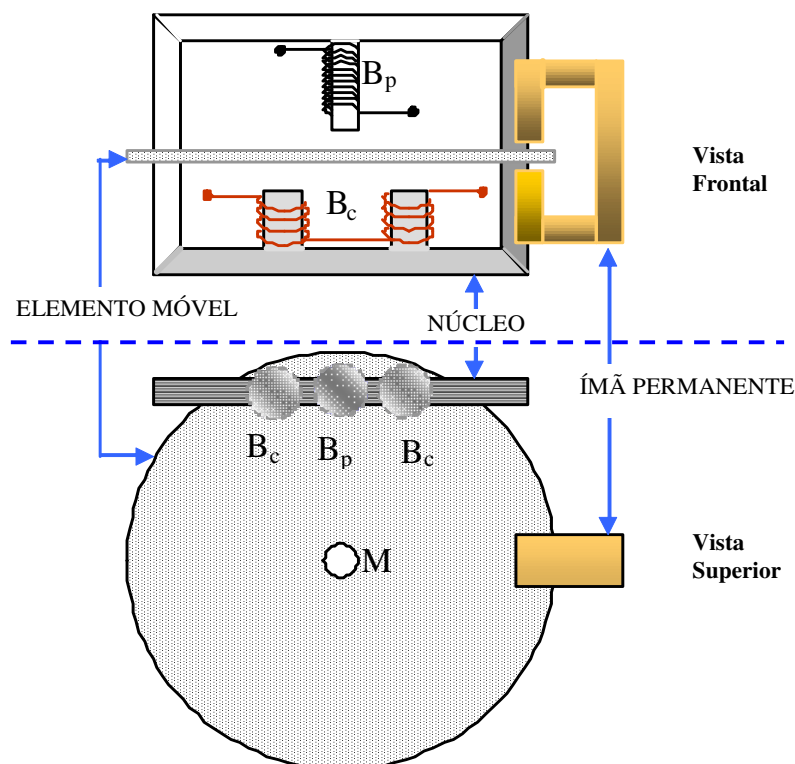


Figura 5. Componentes básicos de um MEE

Fonte: Adaptado de Medeiros (1997)

De acordo com a Figura 5 os componentes básicos de um MEE consistem a bobina potencial (B_p), a bobina de corrente (B_c), o núcleo de lâminas de material ferromagnético (núcleo), o ímã permanente, e o elemento móvel. Em geral, esses componentes localizam-se no interior do MEE, e o seu conhecimento é fundamental para o êxito dos resultados das análises funcionais para o serviço de perícia técnica. A relação de tais componentes compreende:

- | | |
|---|---|
| 1. Estrutura | 11. Terminal de prova |
| 2. Base | 12. Elemento móvel |
| 3. Tampa do bloco de terminais | 13. Mancal inferior |
| 4. Bloco de terminais | 14. Mancal superior |
| 5. Tampa | 15. Ímã permanente |
| 6. Placa de identificação | 16. Dispositivo de ajuste de carga nominal |
| 7. Marco de fechamento entre base e tampa | 17. Dispositivo de ajuste de carga indutiva |
| 8. Bobina de potencial | 18. Dispositivo de ajuste de carga pequena |
| 9. Bobina de corrente | 19. Registrador ciclométrico |
| 10. Núcleo ou entreferro | 20. Parafusos de fixação |

A Portaria do INMETRO número 88 (BRASIL, 2006) define que a **estrutura** de um MEE deve possuir rigidez mecânica suficiente para evitar deformações, e deve formar com a **base** uma única peça, sem que haja facilidade de acesso aos seus componentes internos. O

acesso aos componentes de um MEE é limitado ao rompimento de seus lacres de proteção ou dispositivos de selagem.

Em geral, são instalados dois lacres de proteção, um na **tampa do bloco de terminais**, e o outro na **tampa** do MEE. O **bloco de terminais** deve formar com a base uma única peça, e deve poder ser retirado somente com o rompimento do lacre de proteção instalado em sua tampa. A tampa do MEE não deve conter furos e deve ser inteiriça e moldada em uma única peça adaptada à base do MEE através do **marco de fechamento**. Com isso, deve-se impedir a entrada de insetos, de poeira, ou de quaisquer objetos estranhos ao MEE, sem deixar vestígios.

Para permitir a visualização da placa de identificação do MEE, a sua tampa deve ser transparente na parte frontal. A **placa de identificação** deve possuir informações do MEE como o nome ou a marca do fabricante, número de série, ano de fabricação, modelo, constante do elemento móvel, classe de exatidão, valor de tensão nominal, e valores de corrente nominal e máxima.

A **bobina de potencial** é um componente altamente indutivo, com grande número de espiras de fio fino de cobre. Segundo a portaria número 88 (BRASIL, 2006), sua ligação no MEE é em paralelo com a carga que absorve a energia medida. Ao contrário da bobina de potencial, a **bobina de corrente** apresenta poucas espiras de fio grosso de cobre, e é ligada em série com a carga que absorve a energia medida. Por questões construtivas e considerando-se as interações dos campos magnéticos envolvidos, a bobina de corrente é dividida em duas meias bobinas que são enroladas em sentidos contrários (MEDEIROS, 1997). Os circuitos magnéticos das bobinas de potencial e de corrente são formados por seus **núcleos**, que consistem em um conjunto de lâminas de material magnético. O núcleo de um MEE também é conhecido por **entreferro**.

Devido aos efeitos que podem ser produzidos durante a sua operação, a Portaria do INMETRO número 88 (BRASIL, 2006) define que as bobinas de corrente e as de potencial devem ser montadas de modo a não produzirem vibrações audíveis com a tampa fixada e não sofrerem deslocamentos que possam afetar o funcionamento do MEE. Tais bobinas são ligadas entre si por meio de um **terminal de prova**, que consiste em um artifício que possibilita o ajuste dos erros de medição de um MEE a partir da geração independente de

valores de tensão e de corrente. Um terminal de prova pode estar localizado no bloco de terminais ou internamente ao circuito de medição do MEE, próximo ao elemento móvel.

O **elemento móvel** é um disco de alumínio, de alta condutibilidade elétrica, com o grau de liberdade de girar em torno do seu eixo de suspensão, ao qual é solidário, e está preso em um parafuso sem fim que aciona o registrador ciclométrico do MEE. Construtivamente, e de acordo com a Portaria do INMETRO número 88 (BRASIL, 2006), o elemento móvel deve possuir rigidez mecânica suficiente para evitar empeno. A borda de pelo menos um disco deve ter marca indelével, de cor preta, para referência na contagem das rotações, marcas ou ranhuras para calibração estroboscópica, e 100 divisões ou riscos numerados de dez em dez, para calibração por comparação com um equipamento padrão.

Em sua operação prática o sentido de rotação do elemento móvel deve ser da esquerda para a direita, com o MEE visto de frente e deve ser indicado por uma seta impressa em sua placa de identificação. Como estruturas de apoio têm-se o **mancal inferior** e o **mancal superior** conectados ao eixo do elemento móvel através de parafusos de fixação. Com isso, caracteriza-se o conjunto móvel nos seguintes componentes: elemento móvel, eixo de suspensão, mancal superior, mancal inferior e o ímã permanente. O **ímã permanente** tem a função de produzir uma força de frenagem ou de amortecimento sobre o elemento móvel (ONESTI, 1981). Para alguns MEEs o ajuste do amortecimento do ímã permanente é realizado através de dispositivos de ajuste de carga, sendo eles: **dispositivo de ajuste de carga nominal, dispositivo de ajuste de carga indutiva, e dispositivo de ajuste de carga pequena.**

A carga de um MEE equivale a valores de tensão, corrente, frequência e fator de potência. Portanto, carga nominal equivale aos valores de projeto do MEE e serve de referência para sua operação. Carga indutiva corresponde a um valor corrente nominal, com tensão e frequência nominais e com fator de potência igual a 0,5 indutivo. E, carga pequena corresponde a um valor de 10% da corrente nominal, com tensão e frequência nominais e com fator de potência unitário.

Por fim, a indicação dos valores de energia contabilizados por um MEE eletromecânico é realizada pelo seu **registrador ciclométrico** (Figura 6), que, em geral, apresenta de quatro a cinco dígitos inteiros e é do tipo ciclométrico (MEDEIROS, 1997). O

funcionamento básico do registrador ciclométrico é dado de acordo com o número de giros do elemento móvel, que efetivamente determina o consumo de energia.

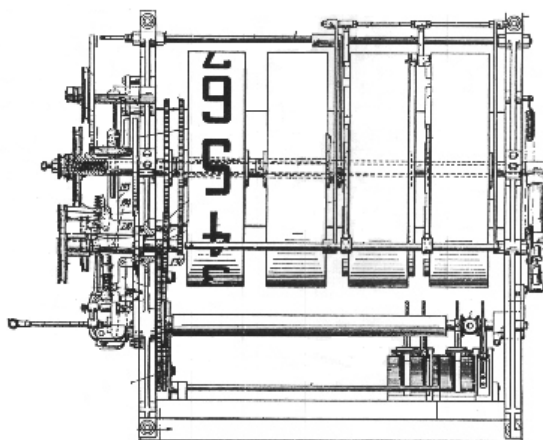


Figura 6. Registrador ciclométrico de um MEE

Fonte: adaptado de <http://www.kurionvale.com.au/tote/wheelpat.jpg>. Acesso em 09/12/08.

Cada fabricante especifica uma relação de giros proporcional à indicação de energia contabilizada, que é mantida pelo número de polias e engrenagens do registrador ciclométrico (Figura 7). Geralmente, tais especificações são identificadas impressas no próprio registrador ciclométrico sob a denominação de relação do registrador (R_r), relação de acoplamento (R_a) e relação total das engrenagens (R_e).

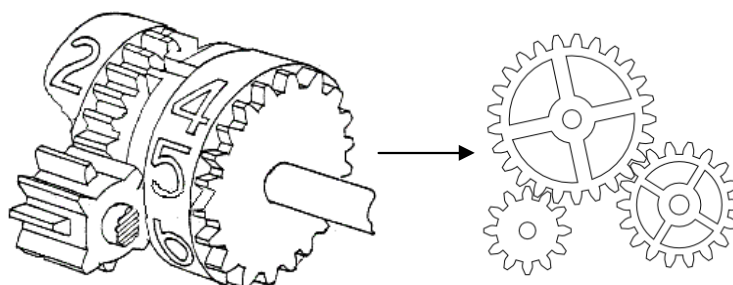


Figura 7. Associação de engrenagens de um registrador ciclométrico

Fonte: adaptado de http://www.roymech.co.uk/images7/mechanism_28.gif. Acesso em 09/12/08.

Uma forma de verificar a conformidade de operação do registrador ciclométrico, bem como de todo o MEE, são as verificações metrológicas. Tais verificações consistem em medições que são realizadas estimando-se os erros dos MEEs, comparando-os a uma referência padrão.

2.1.4 *Calibração de MEE*

O Vocabulário Internacional de Metrologia (INMETRO, 2007) define a Metrologia como a ciência da medição, observando que esta abrange todos os aspectos técnicos e práticos relativos às medições, qualquer que seja a incerteza, em quaisquer campos da ciência ou da tecnologia. Segundo Borchardt (1999), a metrologia de acordo com a sua abrangência ou aplicação, pode ser rotulada como científica, industrial ou legal. A metrologia científica é aquela que trata do desenvolvimento da ciência das medições, da determinação das constantes físicas elementares, e de grandezas cujos valores dependem a maioria das unidades do Sistema Internacional (SI). A ela compete assegurar a confiabilidade metrológica e rastreabilidade dos padrões de mais alta exatidão do Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM).

O Vocabulário Internacional de Metrologia (INMETRO, 2007) define calibração como o conjunto de operações que estabelece, sob condições específicas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição ou por um sistema de medição e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões. O objetivo maior de uma calibração consiste em que medidas feitas com um padrão de referência calibrado sejam, além de conhecidas, confiáveis. Um padrão de referência é o padrão da mais alta qualidade metrológica disponível em um determinado local, do qual derivam as medições efetuadas neste local.

Em geral, as calibrações são realizadas em um laboratório de calibração que, além de possuir condições ambientais adequadas e controladas, dispõe de equipamentos necessários para realizar medições por pessoal técnico treinado e habilitado (ALBERTAZZI e SOUZA, 2008). A capacidade de tais laboratórios é reconhecida e regularmente avaliada pelo INMETRO, e sua estrutura mantém requisitos de credibilidade no que compete à qualidade dos serviços a serem prestados. Esse diferencial é evidenciado quando um laboratório é acreditado pelo INMETRO para prestar serviços. A norma que regulamenta as condições mínimas para acreditação de laboratórios de calibração e de ensaios é a NBR ISO/IEC 17025:2005.

Como principais objetivos de uma calibração tem-se a redução dos limites das especificações de um processo produtivo (vantagem competitiva), a implementação contínua de ações preventivas (redução de perdas), uma ferramenta de auxílio para ações corretivas, a

compatibilidade das medições no que diz respeito ao atendimento dos requisitos de desempenho verificados por terceiros. Além disso, as calibrações são vistas como uma oportunidade de aprimoramento da qualidade, tanto para a prestação de serviços como para a produção.

Um MEE, assim como outros equipamentos de medição, apresenta limitações na confiabilidade de suas medições devido a sua vida útil. Para que esse tipo de problema não interfira na qualidade de serviços prestados ao consumidor, periodicamente devem ser realizadas verificações metrológicas que indiquem o seu erro de medição. Para Borchardt (2001) a verificação metrológica é um conjunto de operações necessárias para assegurar que um dado equipamento de inspeção, medição e ensaio, está em condições de conformidade com os requisitos especificados para o uso.

2.1.4.1 Estrutura Metrológica no Brasil

A Metrologia, historicamente, surgiu com o objetivo principal de padronizar processos de medição. Segundo Bueno (1996) *apud* Borchardt (2001), em 1862 Dom Pedro II promulgou uma lei para oficializar em todo território nacional o sistema métrico decimal francês. Foi então, pelo Decreto nº 5089 de 18 de setembro de 1872, que foram expedidas as instruções provisórias para execução da Lei, e o Decreto nº 5169 de 11 de dezembro do mesmo ano, regulamentou sua aplicação, cabendo às Prefeituras a incumbência de calibrar e fiscalizar os pesos e medidas (THEISEN, 1997).

A partir daí, acompanhando o crescimento, principalmente da indústria, evolui a história da Metrologia no Brasil, com a instituição do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO), pela Lei nº 5.966 de 11 de dezembro de 1973. Segundo Theisen (1997), Albertazzi e Souza (2008), o SINMETRO tem a finalidade de formular e executar a política nacional de metrologia, normalização e qualidade. Já o órgão normativo do sistema, o Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO) tem a responsabilidade de assegurar a uniformidade e a racionalização das unidades de medida utilizadas no país, fixar critérios e procedimentos para certificação de qualidade, a aplicação de penalidades nos casos de infração a legislação, entre outras atribuições.

Neste contexto, o setor empresarial pode se fazer presente no Plenário do CONMETRO, onde são deliberados os aspectos gerais do sistema, através da ABNT

(Associação Brasileira de Normas Técnicas) e ABCQ (Associação Brasileira de Controle da Qualidade) (BORCHARDT, 1999). O órgão executivo central do sistema é o Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), criado pela mesma Lei e vinculado hoje ao Ministério da Indústria, do Comércio e do Turismo. O INMETRO, através de autorização do CONMETRO, pode acreditar entidades públicas e privadas para as atividades de sua competência (THEISEN, 1997). Suas três grandes áreas de atuação são: metrologia, normalização e qualidade, operacionalizadas pelas suas três diretorias: Metrologia Legal (DIMEL), Metrologia Científica e Industrial (DIMCI), e a Diretoria de Qualidade Industrial, Normalização e Produtividade (DINQP).

A Diretoria de Metrologia Científica e Industrial (DIMCI) coordena e executa as atividades inerentes à realização e à manutenção dos padrões primários nacionais de unidades de medida disseminando-as para todos os locais onde se efetuam medições: na indústria e nos laboratórios de entidades públicas e privadas, procurando a obtenção de uma compatibilidade metrológica adequada à finalidade a que se destinam. Uma das principais contribuições da DIMCI é a descentralização dos serviços metrológicos no país, acreditando laboratórios segundo critérios internacionais estabelecidos na norma NBR ISO/IEC 17025:2005, assegurando assim o reconhecimento da competência técnica dos laboratórios, segundo faixas de medição e valores de incerteza de medição previamente estabelecidos (ALBERTAZZI e SOUZA, 2008).

Com isso, surge a Rede Brasileira de Calibração (RBC) formada de laboratórios acreditados, sob supervisão metrológica do INMETRO, para assegurar qualidade de produtos e serviços que competem nos mercados nacional e internacional (THEISEN, 1997). A RBC, por meio de um conjunto de laboratórios, dissemina as referências metrológicas ao setor produtivo com a prestação de serviços de calibração.

A necessidade crescente de precisão, exatidão, critérios de medição e expressão dos resultados necessária aos sistemas de medição utilizados em todos os segmentos da indústria, medicina, comércio, agricultura e pecuária, tem acelerado o processo de normalização relativos à metrologia e à instrumentação. Da mesma forma que em processos produtivos, busca-se, neste trabalho, estabelecer subsídios para reconhecimento de irregularidades em MEE, através de processos de medição confiáveis e com rastreabilidade a padrões de nacionais e internacionais.

2.1.4.2 Rastreabilidade da medição

De acordo com Costa (2005) e Morris (1992), rastreabilidade refere-se à propriedade de um resultado de medição ou ao valor de um padrão estar relacionado a referências estabelecidas, por meio de uma cadeia de comparações, segundo uma hierarquia metrológica. Segundo o Vocabulário Internacional de Metrologia (INMETRO, 2007) a rastreabilidade relaciona o equipamento de medição aos padrões primários nacionais e internacionais, às propriedades ou constantes físicas básicas, ou materiais de referência, todas tendo incertezas estabelecidas. Os padrões nacionais são as referências pelas quais todos os demais padrões de um país são rastreados (ALBERTAZZI e SOUZA, 2008).

Conseqüentemente, como a exatidão das medidas pode ser transferida de um laboratório para outro, esta pode ser rastreada. Esse conceito de rastreabilidade é válido, apesar de sofrer impacto de erros (os erros de um laboratório podem afetar o valor transferido, a qualquer momento). É importante, então, considerar a rastreabilidade como uma qualidade dinâmica, a ser obtida e verificada periodicamente. Não há uma rastreabilidade absoluta, estática, que não requeira controle e acompanhamento após ter sido obtida. Para Costa (2005) a rastreabilidade de um instrumento é garantida através de sua calibração.

A comparação de valores medidos com os valores denominados referência de energia, obtidos a partir de uma fonte padrão, devidamente calibrada, e com rastreabilidade a padrões nacionais ou internacionais, constitui a base de um processo de calibração que possibilitará, associado a um grau de significância, o conhecimento do erro de medição do MEE sob teste. Por apresentar características dinâmicas, uma componente a ser considerada na rastreabilidade de medição é o seu nível de incerteza, que associado a outras informações, representa a melhor capacidade de um sistema de medição.

2.1.4.3 Incerteza da medição

Quando se relata o resultado de medição de uma grandeza física, obrigatoriamente se faz necessária a indicação quantitativa da qualidade do resultado, de forma tal que aqueles que o utilizam possam avaliar sua confiabilidade. Para Costa (2005) qualquer processo de medição produz resultados com erros ou com certo grau de incerteza. Segundo o Vocabulário Internacional de Metrologia (INMETRO, 2007) a incerteza é o parâmetro que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser fundamentalmente atribuídos a um resultado de medição. Para determinação do valor de incerteza, alguns métodos estatísticos que podem ser

utilizados, como: o método de Monte Carlo, os métodos Numéricos (Integração Numérica, Transformadas de Fourier), o método Analítico e o método do *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (GUM) ou Guia para Expressão da Incerteza de Medição.

Para o trabalho desenvolvido adotou-se as orientações do GUM (INMETRO, 2003) que é um método oficial publicado pela ISO (*International Organization for Standardization*), em conjunto com o BIPM e outras entidades internacionais da área científica, e que padroniza o cálculo de incerteza. Se comparado aos demais métodos, que necessitam conhecimentos mais avançados de matemática e de utilização de *softwares* para implementação de seus algoritmos, o GUM (INMETRO, 2003) torna-se efetivamente menos dispendioso, mantendo confiabilidade em seus resultados. Para Beckert e Paladini (2006) a vantagem do GUM refere-se à possibilidade de se somar o efeito das diferentes componentes de incerteza, bem como extrair a tendência do processo de medição em uma mesma avaliação.

De acordo com Jornada (2007) a implantação do GUM parte da análise do modelo matemático da medição, que deve considerar todas as contribuições relevantes para a calibração. Segundo Debatin (2004), o modelo matemático aplicado à medição de energia atende às premissas do GUM, como linearidade, adequação da equação de Welch-Satterthwaite e a aplicabilidade do teorema do Limite Central. Além disso, o GUM (INMETRO, 2003) se baseia no princípio da lei da propagação de erros, sendo orientado basicamente pelas etapas da Figura 8, as quais atendem também ao documento EA 4/02 (1999).

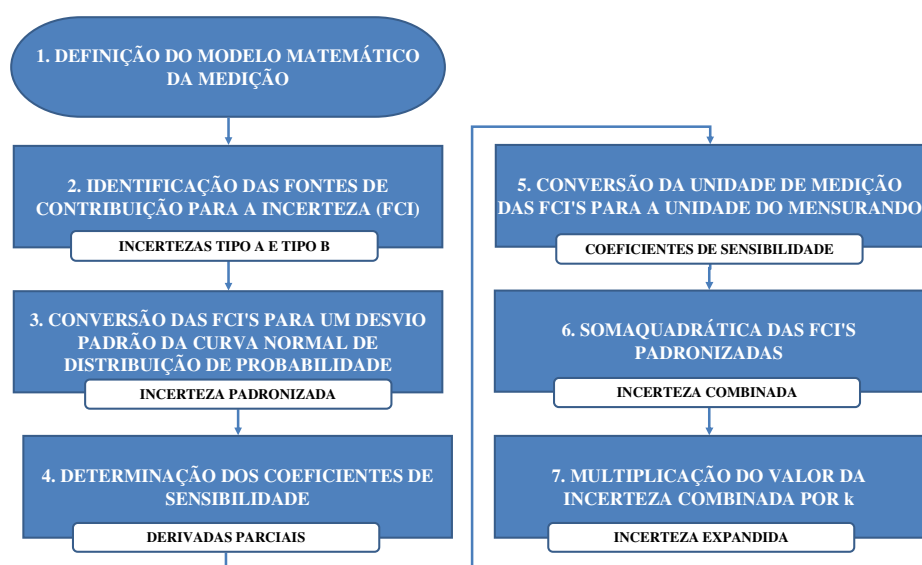


Figura 8. Fluxograma para o processo de estimação da incerteza de uma medição

Fonte: GUM (INMETRO, 2003)

As etapas básicas a serem seguidas para estimativa do valor de incerteza segundo o GUM (INMETRO, 2003) e o EA 4/02 (1999), são descritas, sucintamente, a seguir. Maiores informações podem ser obtidas em consulta aos referidos documentos e em suas respectivas referências.

1. **A definição do modelo matemático da medição** objetiva representar a medição através de uma função matemática (Equação 3), onde o resultado é o mensurando em questão e as grandezas de entrada originam as contribuições de incerteza. Por sua vez, as contribuições de incerteza dependem do mensurando, do método e dos equipamentos de medição (JORNADA e CATEN, 2007). Neste caso, correlações entre grandezas de entrada não podem ser ignoradas se estão presentes e são significativas (BORCHARDT, 2001). Caso haja correlação entre as grandezas de entrada, os seus efeitos devem ser quantificados e considerados na composição do valor final de incerteza.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$$

Equação 3

2. **Identificação das fontes de contribuição para a incerteza (FCI)** e que são associadas ao método utilizado pelo modelo matemático da medição, com fatores que podem ter influência no resultado de uma calibração. Neste caso, são listadas as incertezas do tipo A e as do tipo B.

De acordo com o método GUM (INMETRO, 2003) o cálculo da incerteza envolve a avaliação de dois tipos básicos de contribuições de incerteza: o tipo A e o tipo B. A primeira contribuição baseia-se na avaliação pela análise estatística de séries de observações repetidas, obtida através de uma função densidade de probabilidade (FDP) derivada de uma distribuição de frequência. A avaliação por outros meios que não a análise estatística de séries de observações repetidas, é denominada contribuição do tipo B, obtida através de uma FDP assumida. Nesse caso, pode haver a identificação e a aplicação de eventuais correções, corrigindo os erros sistemáticos, que consistem em incertezas tipo B, a fim de não incorporá-los na incerteza. Segundo Banović (2003), a contribuição mais significativa para a incerteza de uma medição é a tipo B, derivada das especificações dos instrumentos.

3. **Conversão das FCI's para um desvio padrão da curva normal de distribuição de probabilidade** por meio da divisão do valor quantitativo de contribuição pelo seu divisor estatístico. Deste processo resultam as denominadas incertezas padrão. A Tabela 1 representa algumas distribuições de probabilidade e seus respectivos divisores, que por

sua vez, apresentam uma relação entre a integração das áreas de cada distribuição de probabilidade convertidas para uma distribuição normal.

Tabela 1. Algumas distribuições de probabilidade e seus divisores estatísticos

Distribuição de Probabilidade	Divisor
Retangular	$\sqrt{3}$
Triangular	$\sqrt{6}$
Forma de U	$\sqrt{2}$

4. **Determinação dos coeficientes de sensibilidade** através do cálculo das derivadas parciais da função matemática que representa o sistema de medição, em relação a cada contribuição de incerteza. Neste caso, as derivadas parciais estabelecem a relação de proporção entre a variação das grandezas envolvidas na medição.
5. **Conversão da unidade de medição das FCI's para a unidade do mensurando.** Para possibilitar que todas as contribuições que compõem a incerteza de uma medição sejam combinadas, utilizam-se os coeficientes de sensibilidade, multiplicando-os por cada contribuição de incerteza a fim de que todas apresentem-se em proporcionalidades pertinentes na unidade do mensurando.
6. **Soma quadrática das FCI's padronizadas.** Tendo-se todas as incertezas padrão na mesma unidade de medida, calcula-se a raiz da soma quadrática, tendo-se com isso a incerteza padrão combinada, que considera todas as fontes de incerteza, como um desvio padrão da uma distribuição de probabilidade. A incerteza padrão (u_c) pode ser calculada de acordo com a Equação 4.

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2(y)} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \cdot u(x_i) \right)^2}$$

Equação 4

Onde:

- u_c : incerteza padrão combinada
- $u_i(y)$: incerteza padrão da grandeza x_i convertida para mesma unidade do mensurando y
- $u(x_i)$: incerteza padrão da grandezas x_i
- $\frac{\partial y}{\partial x_i}$: derivada parcial de y para determinação dos coeficientes de sensibilidade do modelo matemático da medição.

7. **Multiplicação do valor da incerteza combinada por k** para calcular a incerteza de medição expandida (U), de acordo com a Equação 5. A incerteza expandida define um intervalo em torno do resultado medição com a qual se espera abranger uma grande fração da distribuição dos valores que possam ser razoavelmente atribuídos ao mensurando. Para Jornada (2007) a expansão do valor de incerteza consiste em obter uma maior probabilidade de abrangência em sua estimativa.

$$U = ku_c(y)$$

Equação 5

Onde:

- U : é a incerteza expandida
- k : é o fator de abrangência para a incerteza.

Para determinação do valor do fator de abrangência (k) para a incerteza, deve-se inicialmente calcular o grau de liberdade efetivo das medições. Segundo Albertazzi e Souza (2008) o número de graus de liberdade com que a incerteza é estimada corresponde ao número de medições repetitivas menos um. O fator de abrangência k é um multiplicador da incerteza padrão de medição de modo a obter-se uma incerteza expandida de medição. A incerteza padrão combinada é estimada para um nível de confiança de 68,26%, pois está representada por um desvio padrão da curva normal. A Figura 9 apresenta uma representação da curva normal de distribuição de probabilidade, seus desvios padrões e seus respectivos níveis de confiança. De acordo com Montgomery (2004) e com o VIM (INMETRO, 2003), multiplicando-se o valor da incerteza combinada por um fator de abrangência k , aumenta-se o nível de confiança de que a média das medidas realizada esteja no intervalo de valores determinado.

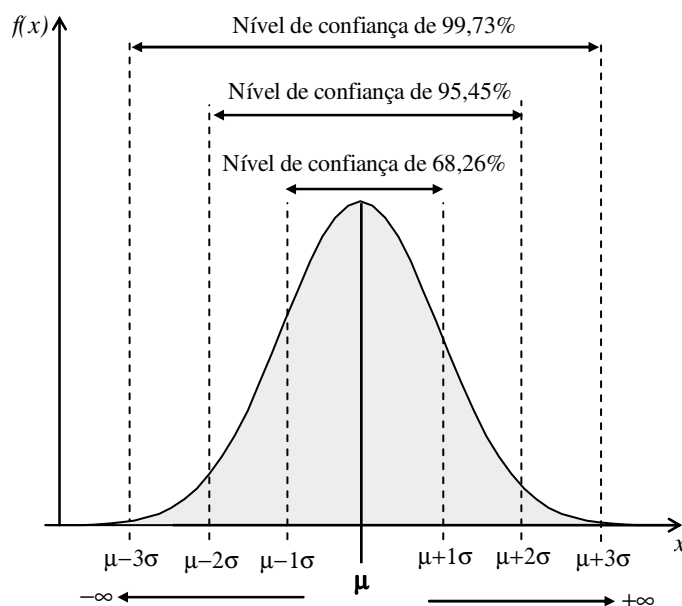


Figura 9. Curva normal com seus desvios padrão e nível de confiabilidade

Fonte: Adaptado de MONTGOMERY (2004)

O enfoque da estatística na atividade de calibração deve-se ao fato de que nenhuma medida é realizada com exatidão perfeita. Há sempre algum erro, que varia de uma determinação para outra, para o valor que está se buscando. A função da estatística é separar, tanto quanto possível, o certo do errado pelo estreitamento da região de dúvida. O estudo estatístico relaciona-se com a qualidade da medida. Ele não pode revelar nada além do que está implícito nos dados obtidos. No entanto, para evidenciar-se a conformidade de um processo ou de uma medição, além de conhecidos os erros de medição, é necessário que sejam estabelecidos critérios para sua aprovação. A tolerância de um processo de medição objetiva estabelecer critérios para verificação da adequabilidade do sistema de medição.

2.2 TOLERÂNCIA DE SISTEMAS DE MEDIÇÃO

Um sistema de medição ideal seria aquele que produzisse somente resultados corretos, coincidentes com o valor verdadeiro da grandeza medida (COSTA, 2005). Segundo Borchardt (2001), um processo de calibração permite verificar se os desvios entre os valores indicados pelos equipamentos de medição, correspondentes a uma grandeza medida, são inferiores aos erros máximos tolerados para os mesmos. Para processos de medição podem ser estabelecidos como limites de aprovação dos equipamentos de medição as suas especificações de fabricação, as faixas de trabalho declaradas em portarias, normas e

regulamentos, os limites de erro permitidos em processos específicos, entre outros (BECKERT e PALADINI, 2006). Com isso, para verificação da conformidade de um mensurando comparado a um valor especificado para sua aprovação, deve-se confirmar se o valor verdadeiro do mensurando encontra-se dentro da referida faixa de conformidade. Neste caso, o objeto de análise refere-se ao erro de medição e sua dispersão, estimada pela incerteza da medição.

Para Costa (2005) o erro de medição consiste na diferença entre o resultado de uma medição e o valor verdadeiro (na prática o valor verdadeiro convencional) do mensurando (grandeza que está se medindo). Esse erro pode ser decomposto em duas parcelas: o erro sistemático e o erro aleatório. Alguns autores acrescentam à medição outros tipos de erros, como o erro grosseiro de medição, o erro de amostragem, e outros erros mais específicos que ocorrem somente em alguns tipos de medição (BISPO e CAZARINI, 2008). Para Vuolo (1996) *apud* Bispo e Cazarini (2008) o erro grosseiro é causado por falta de atenção ou de treinamento por parte do operador do sistema de medição.

De acordo com VIM (INMETRO, 2007) o erro sistemático, também denominado de tendência, consiste na média que resultaria de um infinito número de medições do mesmo mensurando, efetuadas sob condições de repetitividade, menos o valor verdadeiro do mensurando. A tendência de um instrumento de medição é normalmente estimada pela média dos erros de indicação de um número apropriado de medições repetidas.

Na prática, apenas um número finito de medições é realizável. Com isso, o erro aleatório resulta de variações nas medições, provenientes de fatores que não podem ser controlados ou que, por algum motivo, não puderam ser controlados durante as medições (BISPO e CAZARINI, 2008). Segundo o VIM (INMETRO, 2007), o erro aleatório é o resultado de uma medição menos a média que resultaria de um infinito número de medições do mesmo mensurando efetuadas sob condições de repetitividade. Para Costa (2005) o erro aleatório possui média nula por definição e em geral, é bem representado por uma distribuição normal. De acordo com Bispo e Cazarini (2008), o erro aleatório, normalmente, não é eliminável, nem corrigível, mas pode ser controlado e conhecido estatisticamente.

Se os erros de medição não forem suficientemente pequenos, o sistema de medição não será adequado para o controle da qualidade do processo, necessitando ser revisto (COSTA, 2005). Albertazzi e Souza (2008) definem tolerância como a faixa aceitável para a

característica de um produto, que garanta a qualidade com que ele realiza a função para a qual foi projetado. O fato de um MEE apresentar erros de medição fora dos limites especificados para sua tolerância é um forte indicativo de que sua conformidade operacional encontra-se comprometida. Em geral, a verificação de fraude em um MEE impacta diretamente em erros de medição com valores significativamente fora do especificado no processo de fabricação de tais MEEs.

2.3 FRAUDES EM MEEs

Há mais de cem anos MEEs eletromecânicos ou de indução são usados como forma de contabilizar os rendimentos de comercialização de energia. Neste período, também houve o surgimento de um grande número de tipos de fraudes realizadas em tais MEEs com o objetivo de reduzir ou desviar o montante de energia consumida e a ser paga (SINGHAL, 1999). Smith (2004) define fraude como a ação deliberada na tentativa de enganar o setor de prestação de serviços. Rong *et al.* (2002) a define como o uso ilegal ou desonesto de equipamentos ou serviços associados, com a intenção de evitar a cobrança dos mesmos. Para Leite (2008) a fraude ocorre quando o cliente intencionalmente provoca um registro de consumo inferior ao real, ou quando ele provoca a falta do registro de consumo.

Segundo Naiman *et al.* (2004), as fraudes realizadas em MEE representam a maior causa de perdas de receitas para as companhias de energia. Singhal (1999) cita que todos os tipos de fraudes, sem exceção, realizadas em MEEs de indução são conhecidas e são detectáveis. Para Suriyamongkol (2002), a inspeção dos MEEs *in loco* é a forma mais utilizada para obter-se informações sobre fraudes, especialmente as realizadas sob forma de alteração de seu funcionamento ou até mesmo de sua destruição física. A maioria dos casos em que se verificam fraudes em MEEs envolve adulteração dos seus lacres. Nessas situações, o lacre de um MEE, além de estar violado, ou visivelmente rompido, pode estar ausente ou mesmo fraudado (SURIYAMONGKOL, 2002). A fraude quando referida aos lacres, equivale a substituição do lacre original da concessionária por um falso lacre, em geral imitação do que é utilizado como original.

Uma vez rompido o sistema de proteção existente nos MEEs, que consistem em seus lacres, tanto do bloco de terminais, como na sua tampa, inúmeras são as formas de alterações a serem realizadas em seu circuito para diminuição ou até mesmo, para a interrupção da

contabilização de consumo de energia (NAIMAN *et al.*, 2004). Um caso muito usual, segundo Suriyamongkol (2002) ocorre quando coloca-se em curto os terminais de medida de tensão de um MEE. Nesta situação, os resultados são imediatamente zerados, pois se o MEE registra um valor nulo de tensão, e por conseqüência, o produto entre tensão e corrente, que equivalente à potência, será igual a zero. Como o cálculo da energia consumida é dado pela integração da potência no tempo, conclui-se que não houve consumo, não podendo-se efetivar a cobrança da mesma.

Ambos, Suriyamongkol (2002) e Naiman *et al* (2004), afirmam que a obstrução do elemento móvel do MEE, bem como de seu eixo, são maneiras muito comuns de fraudá-lo. Isso porque ao parar o elemento móvel, pelo seu princípio de funcionamento, não haverá registro de consumo. Em alguns casos, o giro do elemento móvel não é totalmente parado, havendo apenas a diminuição de sua velocidade, provocada por atrito de fontes externas ou alteração de componentes solidários a ele. De qualquer forma, o resultado, na maioria das vezes, é a diminuição do registro de energia.

Além disso, também pode haver a inversão da conexão dos terminais da bobina de corrente, fazendo com a corrente elétrica flua em sentido contrário, e introduzindo com isso um campo eletromagnético próximo ao elemento móvel do MEE, capaz de freá-lo, reduzindo o registro de energia consumida. Com relação à bobina de corrente do MEE, é muito freqüente a intenção de fraudadores em rompê-las. Feito isso, de maneira similar as demais, o produto da potência elétrica será nulo, correspondendo à falta de registro de energia.

Com base no princípio de funcionamento de um MEE eletromecânico e considerando-se a acessibilidade aos seus componentes, verifica-se uma diversidade de fraudes possíveis de serem realizadas, o mesmo aplicando-se aos MEEs eletrônicos, que constituem-se tecnologia de ponta em termos de medição de energia. A constatação efetiva sobre a conformidade de funcionamento de um MEE pode ser feita a partir de testes funcionais, com a apresentação de seus resultados em um relatório técnico. Dependendo do nível de detalhamento das informações verificadas e, caso envolva uma discussão judicial, esse relatório pode ser originado por meio de uma perícia técnica.

2.4 O SERVIÇO DE PERÍCIAS

Muitos erros podem ser confundidos com fraudes, mas Sá (1997) define a fraude como sendo uma ação premeditada com a intenção de lesar alguém. Já o erro seria uma ação involuntária, feita sem o intuito de causar dano. A fraude pode ter aspecto criminal ou civil. Fazendo uma análise no âmbito criminal, a fraude corresponde ao dolo, que é o crime realizado com intenção de fazê-lo, com intenção de favorecer-se ou de prejudicar alguém, o crime proposital. Já o erro, é classificado como o crime culposo, que ocorre por falta de atenção, por esquecimento ou até mesmo por acidente. No âmbito criminal a fraude tem aspecto punitivo utilizado quando desejar a sanção criminal do autor da fraude. No âmbito civil, busca-se recuperar o prejuízo material incorrido com a fraude.

Para as fraudes verificadas em MEEs o procedimento adotado pelas concessionárias distribuidoras de energia elétrica e reconhecido judicialmente pelos órgãos competentes é a retirada do MEE mediante suporte policial e a sua utilização como prova pericial em um processo judicial. IBAPE/SP (2008) define perícia como a atividade destinada a esclarecer ou verificar determinados fatos. A atividade de perícia, segundo Medeiros Jr. e Fiker (1996) concerne ao exame realizado por profissional especialista, legalmente habilitado, objetivando a verificação ou o esclarecimento de determinado fato, apurando as suas causas motivadoras ou o seu estado, a alegação de direitos ou a estimação da coisa que é objeto de litígio ou processo.

Neste contexto, a análise pericial realizada em um MEE deve conter basicamente resultados e conclusões acerca das verificações voltadas a garantir a conformidade do seu funcionamento. Tais resultados e conclusões devem compor um documento técnico. Como modalidades de documentos técnicos usualmente produzidos ou utilizados no âmbito das perícias, existem quatro tipos: o laudo, o parecer técnico, o relatório técnico e a manifestação (IBAPE/SP, 2008). Pela conceituação adotada para tais documentos serão adotadas, para execução deste trabalho, as estruturas referentes a um laudo e a um relatório técnico, que devem originar um documento que será denominado de relatório pericial.

Segundo Medeiros Jr. e Fiker (1996) e IBAPE/SP (2008) um laudo é um parecer técnico escrito e fundamentado, emitido por um especialista indicado por autoridade, relatando resultados de exames e vistorias. Medeiros Junior e Fiker (1996) conclui que o laudo deve conter o resultado de uma perícia expresso em conclusões escritas e

fundamentadas, devendo conter fiel exposição das operações e ocorrências das diligências, concluindo com parecer justificado sobre a matéria submetida a exame de um especialista. Para Rosa (1999), um laudo é a exposição da perícia realizada e seus resultados, devendo relatar a situação que o perito observou, bem como suas conclusões acerca dos fatos observados. A habilitação legal do perito provém de Leis Federais que regulamentam as atividades de engenharia e de arquitetura, e das Resoluções do CONFEA (IBAPE/SP, 2008).

De acordo com Medeiros Junior e Fiker (1996) a legislação não prescreve a forma pela qual o laudo deve ser apresentado. Para Rosa (1999) o laudo pericial deve apresentar os seguintes requisitos essenciais: o relatório, com a parte expositiva, a parte conclusiva, e a parte autenticativa. Segundo o autor, tais requisitos consistem na contextualização da perícia, seus objetivos, a exposição das fundamentações utilizadas pelos métodos e critérios aplicados, as respectivas conclusões sobre os fatos verificados e, por fim, a autenticação que refere-se à assinatura por extenso na última folha, bem como a rubrica nas demais folhas constantes no relatório.

Um serviço de perícia é realizado para elucidar questões técnico-científicas, cabendo a aqueles que de fato exercitam o ofício do Direito no processo judicial, a decisão, com base na respectiva discussão dos fatos. Para Medeiros Junior e Fiker (1996) uma perícia também pode investigar as causas que conduziram ao estado observado, apresentando conclusões sobre elas. Um serviço de perícia, por questões éticas, objetiva alcançar conclusões justas e evitar polêmicas posteriores ao assunto discutido. Por isso, deve estar fundamentalmente configurado pela isenção das partes envolvidas no processo. Embora um laudo possa apresentar-se sob diferentes formas, os tipos de laudos judicial e extrajudicial são os mais demandados pela sociedade.

Um laudo judicial consiste no instrumento exigido nos processos judiciais, que serve de prova sobre as alegações da partes, e o laudo extrajudicial consiste no instrumento solicitado por qualquer interessado para algum fim, mesmo que para a ilustração de um processo judicial (ROSA, 1999). Com isso, objetivando-se associar agilidade e confiabilidade à produção de relatórios periciais em larga escala, que atendam tanto a pedidos judiciais como extrajudiciais, idealiza-se a adoção de técnicas de armazenamento e de gerenciamento de informações com vistas à automação do serviço de perícia.

2.5 AUTOMAÇÃO DE INFORMAÇÕES

Informação, para Stair e Reynolds (2002) é uma coleção de fatos organizados de modo que adquirem um valor adicional além do valor dos próprios fatos. Segundo Laudon (1999) informação é o conjunto de dados aos quais os seres humanos deram forma para torná-los significativos e úteis. O autor afirma também que os dados podem ser considerados fatos brutos, o fluxo infinito de coisas que estão acontecendo agora e que acontecerem no passado. De maneira similar, Stair e Reynolds (2002) afirmam que o conceito de dados consiste nos fatos não trabalhados, como o nome de um empregado, a quantidade de horas semanais trabalhadas por ele, o número de peças em estoque ou de pedidos de vendas.

Segundo Laudon (1999), um sistema de informação pode ser definido como um conjunto de componentes inter-relacionados trabalhando juntos para coletar, recuperar, processar, armazenar, e distribuir informação com a finalidade de facilitar o planejamento, o controle, a coordenação, a análise e o processo decisório em empresas e outras organizações. Para Stair e Reynolds (2002), um sistema de informação consiste em um conjunto de componentes inter-relacionados que coletam, manipulam e disseminam dados e informação, proporcionando um mecanismo de *feedback* para atender um objetivo. A disponibilidade de computadores e as tecnologias de comunicação global têm criado as atividades de coleta, processamento e transmissão de informações (FITZSIMMONS, 2000). Em sistemas de informação, o processamento envolve a conversão e a transformação de dados em saídas úteis, e pode ser feito manualmente ou com o auxílio de computadores (STAIR e REYNOLDS, 2002).

A influência da automação de informações é cada vez mais significativa, tanto na manufatura como na prestação de serviços. Fatores associados à competitividade e à contínua busca pela redução de perdas são fortes motivadores que levam as empresas a investirem em sistemas de informação. O reflexo disso pode ser percebido nos mais diversos setores da prestação de serviços, que, muitas vezes, disponibilizam aos seus clientes um atendimento com menor percepção de pontos de contato. Tais pontos de contato consistem, por exemplo, na comunicação geralmente estabelecida entre um cliente e os funcionários de uma empresa prestadora de serviços.

Para o setor de prestação de serviços, o grau de automação de um serviço define uma dimensão importante do tipo de contato que o cliente tem com o fornecedor do serviço: mais

pessoal ou contato com uma máquina (GIANESI, 1994). Neste sentido, deve-se observar às necessidades do público alvo, analisando-se suas vantagens e desvantagens. Especificamente para a prestação de serviços de perícias técnicas, onde existe a necessidade da caracterização de isenção das partes, o impacto da automação dos serviços sobre o cliente não fica necessariamente limitado a uma perda de atenção pessoal.

Para Gianesi (1994) a automação refere-se à oportunidade de automatizar procedimentos quando oferecidos em larga escala, implicando em pouca personalização e alta padronização. O cenário de perdas associadas às fraudes em MEE e a necessidade de produção de relatórios periciais, são justificativas para adoção de processos automatizados que possibilitem benefícios para fortalecer o combate ao furto de energia. Neste caso, a organização dos serviços automatizados apresenta características que demandam a estruturação e o gerenciamento de um banco de dados. Stair e Reynolds (2002) estruturam o gerenciamento de dados, sob a forma de que os caracteres são combinados para formar um campo, os campos são combinados para formar um registro, os registros são combinados para formar um arquivo e os arquivos são combinados para formar um banco de dados.

De acordo com Laudon (1999) e com Stair e Reynolds (2002) um banco de dados consiste em uma coleção de dados organizados de tal forma que possam ser acessados e utilizados por aplicações diferentes (Figura 10). Os dados são armazenados fisicamente aparentando aos usuários estarem armazenados em um só local. Dessa forma, um sistema de gerenciamento de banco de dados utiliza um *software* especial de gerenciamento, para torná-lo físico disponível para visões lógicas diferentes apresentadas por diversos programas de aplicações. O *software* de gerenciamento de banco de dados serve como uma interface entre o banco de dados comum e os diversos programas aplicativos, localizando o elemento de dados solicitado e disponibilizando-o ao aplicativo para processamento.

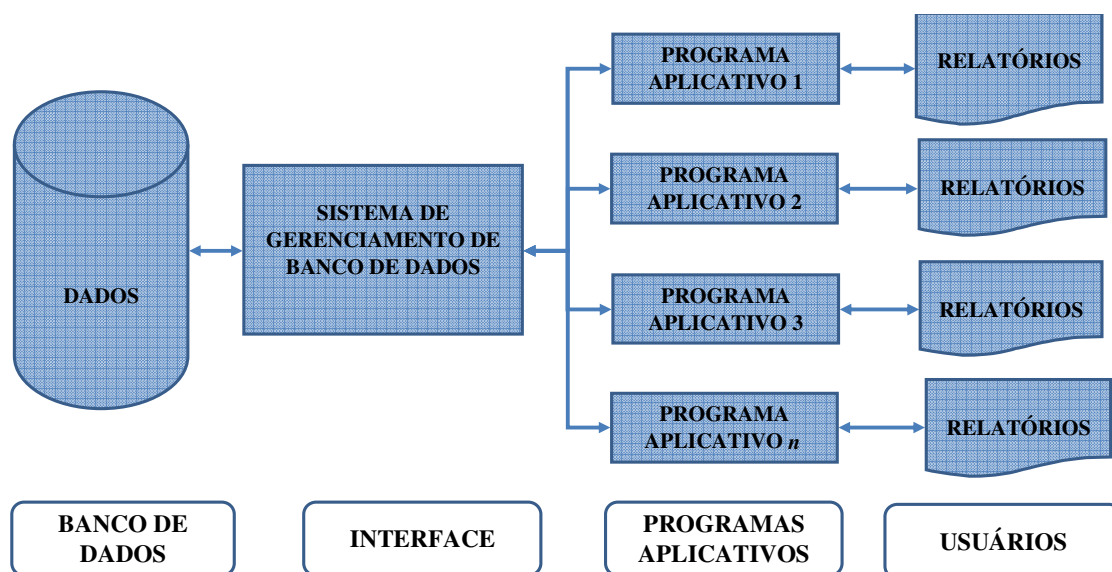


Figura 10. Enfoque em banco de dados para gerenciamento de dados

Fonte: Stair e Reynolds (2002)

Segundo Laudon (1999), o projeto lógico do banco de dados mostra como os dados são arranjados e organizados a partir de uma perspectiva empresarial em contraposição a uma perspectiva técnica. As etapas do projeto lógico de um banco de dados compreendem: a identificação das funções que a solução deve executar a identificação dos dados exigidos para cada uma das funções e o agrupamento dos elementos de dados de forma que a solução seja fornecida de maneira mais fácil e eficiente. A solução ou a saída, abordada em um sistema de informação, envolve a produção de informação útil, geralmente em forma de documentos e/ou relatórios (STAIR e REYNOLDS, 2002). Com isso, a exploração de recursos de automação e de sistemas de informação, assim como é dada nos demais setores produtivos, pode ser fortemente aplicada à prestação de serviços, impactando em melhorias como aumento de produtividade e a diminuição de perdas inerentes a serviços realizados manualmente.

2.6 PERDAS DE ENERGIA ELÉTRICA

Com foco na distribuição de energia elétrica, as perdas verificadas influenciam diretamente na quantidade de energia comprada, que compõe a parcela de custos não gerenciáveis da receita da concessionária. Considerando-se a composição das tarifas cobradas, como sendo o investimento, a depreciação, o custo de operação e o custo de manutenção, a redução de perdas decorridas de fraudes em MEE, certamente resultaria em um valor de tarifa

menor para o consumidor (ANEEL, 2007). As perdas de energia são classificadas em técnicas e não técnicas.

A avaliação das perdas técnicas em uma concessionária de distribuição de energia é muito complexa, fundamentalmente pela quantidade de elementos que constituem o sistema de medição e, conseqüentemente, pelo número de parâmetros necessários para sua caracterização. Ademais, outra dificuldade está no comportamento aleatório das cargas e no contínuo processo de expansão, características intrínsecas à atividade de distribuição de energia elétrica (ANEEL, 2007). Para BANDIM *et al.* (2003) as perdas técnicas de energia são ocasionadas por componentes do sistema de energia, como transformadores, linhas de transmissão, e outros equipamentos envolvidos em etapas de medição de energia. Da mesma forma, Suriyamongkol (2002) afirma que tais perdas ocorrem devido a fenômenos físicos atribuídos ao funcionamento dos equipamentos e da infra-estrutura do sistema de energia, como a dissipação de potência nos componentes citados.

Para solução deste problema, algumas ações podem ser tomadas, como a troca de equipamentos velhos por equipamentos confiáveis e modernos, a projeção e construção de redes de distribuição mais eficientes e robustas, entre outras iniciativas. Suriyamongkol (2002) afirma que as perdas técnicas, em geral, são obtidas com base nas propriedades inerentes dos componentes do sistema de distribuição: resistência, reatância, capacitância, tensão, corrente e potência. O conhecimento dessas características possibilita à concessionária distribuidora de energia uma maneira de saber o que pode ser compensado no circuito, para que tais perdas sejam minimizadas.

Neste contexto, pode-se afirmar que as perdas técnicas de energia apresentam-se dentro de limites teoricamente controláveis, que dependem exclusivamente da eficiência de componentes empregados em um sistema de energia. A delimitação desses limites é dada basicamente pela reengenharia e custos envolvidos para modernizar as redes de distribuição.

Contudo, no que tange às perdas não técnicas, é impossível levar-se em consideração apenas novos projetos de equipamentos e redes de distribuição de energia. Além do custo associado, mesmo para tecnologias inovadoras, surgem novas fraudes e esse processo de renovação das redes se tornaria muito caro. A Figura 11 mostra para uma amostra de 51 concessionárias distribuidoras de energia na primeira rodada de revisão tarifária que a média de perdas de energia foi de 5,67% (não técnicas) e 8,18% (técnicas). Têm-se exemplos de

todas as composições de perdas (elevadas perdas técnicas e não técnicas, ou somente uma das duas componentes), existindo empresas com níveis de perdas acima de 30% de seu mercado de energia. (ANEEL, 2006).

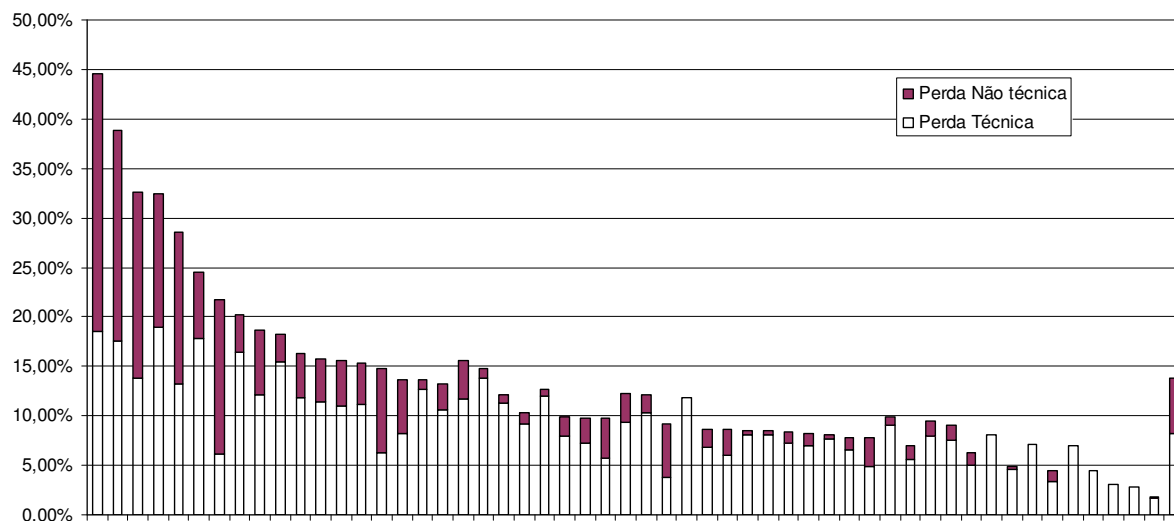


Figura 11. Caracterização de perdas técnicas e não técnicas de energia elétrica

Fonte: Nota Técnica nº 026 (ANEEL, 2006)

Em 2005, as perdas de energia no Brasil, reconhecidas pelo órgão regulador no âmbito da primeira rodada de revisão tarifária a que se submeteram as 64 concessionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica, foram da ordem de 15% da energia requerida, equivalentes a 46.904 GWh, sendo 32% deste montante correspondente às perdas não técnicas. Com os esforços despendidos pelas concessionárias distribuidoras e com a atuação do órgão regulador, as perdas vêm se mantendo dentro do seu patamar histórico, apresentando, inclusive, tendência de alta, se comparadas ao ano de. Em 2001, a estimativa de perdas, segundo fontes da Eletrobrás foi de 13,9%. (ARAÚJO, 2007).

As perdas não técnicas são obtidas pela diferença entre a energia efetivamente distribuída pela concessionária de energia e a efetivamente comprada pelos consumidores (BANDIM *et al.*, 2003). Para Smith (2004) as perdas não técnicas de energia são dadas em geral pelo desvio forçado do valor consumido e o furto de energia pode ser dado devido à fraude (intervenções no sistema de medição), ligações clandestinas, construções ilegais, e por inadimplência de pagamento de contas. Em geral, as concessionárias de energia elétrica possuem um setor com atribuições específicas para trabalho com perdas comerciais. Segundo

Bandim *et al.* (2003) e Singhal (1999), o furto de energia devida a MEEs com alterações em seu funcionamento é a maior causa de perdas não técnicas.

O processo adotado para redução das perdas não técnicas, além de considerar a reestruturação das redes e sistemas de distribuição de energia, adota outros procedimentos que visam auxiliar a diminuição e até mesmo o combate ao furto de energia. Para Bandim *et al.* (2003) o procedimento de verificar as instalações dos consumidores, pode ser o primeiro passo para reduzir as perdas não técnicas. Para fazer isso, o banco de dados dos consumidores deve ser continuamente atualizado, evidenciando qualquer mudança verificada no campo de medição de energia, no menor período possível.

Estas informações não são somente importantes para auditoria de faturamento. Isso é crucial para descobrir furto de energia, mantendo-se informações tais como a classe dos consumidores (residencial, comercial, industrial), endereço, aspectos técnicos relacionados a instalação dos MEEs (como por exemplo, o número de fases), o transformador de distribuição com o qual o consumidor está conectado, entre outras informações diretamente relacionadas ao consumo efetivo de energia, bem como seu faturamento.

2.6.1 *O controle mundial de perdas de energia*

Para Naiman *et al.* (2004) a maioria dos sistemas de cobrança de energia, apresentam problemas como atrasos em pagamentos, fraudes em MEEs, altos custos com a estrutura para desligamento e religamento de consumidores que não pagam suas contas de energia, dificuldades na acessibilidade aos MEEs. Tais fatores contribuem continuamente para o aumento do índice de perda de energia. Em escala mundial, as estimativas de perda de rendimento financeiro seguem os seguintes índices: 4% das vendas para os EUA, 35% para o Paquistão, 38% para a África do Sul. O autor cita também que a perda para a Índia está acima de 10% de suas vendas e para a África representa algo em torno de 35% de suas vendas. Segundo Leite (2008), hoje, no Brasil, 16% de toda energia produzida é perdida.

Suriyamongkol (2002) realizou uma pesquisa aplicada a 129 consumidores com fraudes, no período de outubro de 2000 a outubro de 2001, na Tailândia (Ásia), e verificou perdas que quantificam, principalmente, os recursos despendidos para recondicionar equipamentos danificados e detectar furto de energia. O índice dos tipos fraudes verificadas pela pesquisa de Suriyamongkol podem ser conferidos na Tabela 2.

Tabela 2. Índice de ocorrência de fraudes em MEEs na Tailândia

TIPO DE VIOLAÇÃO	CASOS ENCONTRADOS
Adulteração nos lacres do bloco de terminais	69
Rompimento do circuito da bobina de tensão	12
Adulteração nos lacres da tampa do medidor	30
Curto-circuito da bobina de corrente	5
Rompimento da bobina de potencial	5
Conexão direta à rede elétrica (sem medidor)	3
Adulteração no medidor	2
Inversão das conexões de fase	3
TOTAL	129

Fonte: Suriyamongkol (2002)

Para combater os problemas relacionados a fraudes em MEEs, diversas soluções já foram e vem sendo apresentadas. Países desenvolvidos, por exemplo, adotaram o uso de sistemas de computadores de mão, que capturam e gravam os dados dos dispositivos, realizando leituras remotas através de MEEs eletrônicos. Alguns defensores consideram o estabelecimento de um sistema de pré-pagamento de energia, como solução para esse problema.

Em países em desenvolvimento o uso de sistemas de monitoração remota baseados em *power line communication* (PLC) com um transmissor-receptor inteligente é a proposta de solução para o problema de furto de energia. Essa proposta, em sua base, é um sistema de comunicação digital utilizando-se a rede elétrica, que verifica basicamente três parâmetros: corrente de fase, corrente de neutro e a tensão. O princípio básico desse sistema é a detecção de fuga de corrente elétrica no MEE. (NAIMAN *et al.*, 2004).

A proposta de Rong *et al.* (2002), é analisar dados de consumo de energia e detectar fraudes com base em padrões pré-estabelecidos do mercado na Austrália. Ou seja, utilizando-se redes neurais, foram estabelecidos padrões de reconhecimento de consumo aceitável como normais, ao mesmo tempo que foram estabelecidos padrões que caracterizassem desvios de consumo de energia. Esta técnica apresentou uma acurácia de 70%, o que representa um considerável nível de acerto nas predições. Misra e Patra (199), na Índia, propuseram uma técnica similar, utilizando redes neurais artificiais para o reconhecimento de adulterações no sistema de medição em que os MEEs eletrônicos encontram-se instalados. A lógica por eles utilizada baseou-se em condições de predição de parâmetros de consumo. Associadas a monitoração do consumo de energia, as técnicas de predição consituem uma proposta para detecção de fraudes no sistema de medição.

Patrício *et al.* (2006) desenvolveram um sistema utilizando a mineração das informações de um banco de dados, com a teoria de Rought Sets para seleção de atributos relevantes e para geração de regra. Neste caso, as amostras selecionadas referem-se a clientes com suspeitas de fraudes, que são classificados no sistema como anormais. Ao receber tal classificação, os clientes têm suas instalações submetidas à fiscalização para detecção de fraudes.

De maneira similar a essas soluções a proposta deste trabalho é auxiliar no combate à perda de energia. A sistematização do processo de reconhecimento de irregularidades que caracterizam fraudes em MEEs, além de agilizar a punição dos fraudadores, pode ser encarada como uma forma de desestímulo para novas fraudes. Com a produção de relatórios periciais que subsidiem decisões judiciais ou extrajudiciais, o sistema de punição apresenta condições de inibir ou pelo menos controlar o avanço da tecnologia utilizada a favor do crime.

2.6.2 *Intangibilidade de perdas*

A maior parte das perdas envolvidas em fraudes são custos tidos como intangíveis. FIESP (2004) define custos intangíveis como os custos que, para serem estabelecidos, necessitam de avaliação e quantificação subjetivas. São custos comumente ligados à imagem e aos valores morais. Já Moura (2000) *apud* Kraemer (2006) e também *apud* Alves (2001) define custos intangíveis como os custos de difícil mensuração, mesmo sendo custos de fácil percepção. Tais perdas são facilmente identificadas, mas são complicadas de serem alocadas e distribuídas.

Segundo Kume (2004), os fatores que influenciam a criminalidade a favor da fraude, podem ser divididos em dois grupos: aqueles relacionados à severidade e à eficácia da punição e aqueles vinculados aos benefícios e custos de oportunidade da prática de crime. Os potenciais criminosos, por meio de sua racionalidade, atribuem custos para a realização do crime: o custo de oportunidade, o custo de planejamento e de execução, o custo esperado de serem apreendidos, condenados e punidos, bem como o “custo moral” do crime (SANTOS e KASSOUF, 2007). Com base nessa análise, o potencial criminoso decide pela realização ou não do crime, a partir de um processo de maximização de utilidade esperada. Isso pode ser feito comparando-se os potenciais ganhos resultantes da ação criminosa, o valor da punição e as probabilidades de detenção e de condenação associadas com o custo de oportunidade de

cometer crime, traduzido pelo salário alternativo no mercado de trabalho ilícito (LOUREIRO e CARVALHO Jr., 2007).

Os resultados obtidos pela estimação dos custos e dos benefícios associados ao crime e à punição apresentam-se fortemente relacionados com a probabilidade de captura e condenação. Para uma concessionária distribuidora de energia elétrica, uma taxa alta de detecção de fraudes equivale a um maior sucesso em seus rendimentos, refletindo controle de seus recursos. O inverso ocorre para os infratores, onde uma taxa baixa de probabilidade de detecção da fraude facilita a atividade ilícita. No entanto, além do fator probabilístico de ambas as situações, faz-se indispensável a avaliação do valor da punição e do valor da moral presentes nos processos de furto de energia.

Considerando o que afirma Kume (2004), os fatores vinculados aos benefícios e aos custos de oportunidade da prática de crime, as evidências associadas ao infrator, indicam principalmente, o valor moral do indivíduo. Ao desconsiderar-se esse fator por questões intangíveis, conclui-se que o furto de energia, em um longo prazo, associado aos seus custos de exposição e de execução são expressivamente consideráveis.

Diversas são as hipóteses sociais e econômicas que levam a opção pelo crime. No entanto, para toda e qualquer opção pelo crime, neste caso, pela fraude em um MEE, existe a probabilidade de captura e condenação. Quanto mais alta for a probabilidade de captura e de condenação de uma fraude, maior deve ser o questionamento sobre quanto vale a moral de um indivíduo que decide pelo crime e pela sua exposição à sociedade. Nesse contexto, os relatórios periciais assumem relevância no processo de condenação dos fraudadores, ao fornecer subsídios formais para discussão e para o esclarecimento dos fatos.

3 MODELO PROPOSTO

O modelo proposto consiste na padronização das rotinas a serem seguidas para a realização de uma perícia técnica em um MEE. Nessas rotinas, o MEE é submetido integralmente a análises visuais e metrológicas, em que se destacam aspectos da conformidade do funcionamento de seus componentes. As imagens e os valores resultantes dessas análises devem ser armazenados em um banco de dados e devem ser verificados e comparados a referências padronizadas para cada caso. Além disso, o modelo proposto prevê uma rotina de inspeção técnica funcional em que devem ser relatadas as possíveis irregularidades verificadas no MEE. Para o cadastramento das irregularidades, o analista do MEE tem à sua disposição uma listagem que contém irregularidades previamente pesquisadas e cadastradas de forma também padronizada. Por fim, o modelo proposto prevê a geração de um relatório pericial, que deve contemplar, para o MEE sob análise, todas as informações registradas, bem como as irregularidades encontradas, utilizando, para isso, um sistema de gerenciamento de informações (SGI).

O gerenciamento efetivo de informações será especificado a partir do desenvolvimento de um software modelado pela sistemática adotada para a realização de perícias em MEE. Segundo Laudon (1999), um *software* refere-se a instruções detalhadas que controlam a operação do *hardware* do computador. Um *software* tem três funções principais: (1) desenvolver as ferramentas para aplicar o *hardware* do computador à resolução de problemas; (2) possibilitar que uma organização gerencie seus recursos computacionais e (3) servir como intermediário entre uma organização e suas informações armazenadas. Por objetivar a produção de um número significativo de relatórios periciais, a operação do SGI proposto deve atender a uma rede de computadores interligados a um banco de dados central, baseado na linguagem de manipulação de dados SQL (*Structured Query Language*). A Figura 12 apresenta resumidamente as atividades referentes ao modelo proposto, bem como a disposição objetiva dos principais recursos a serem utilizados para a confecção dos relatórios.

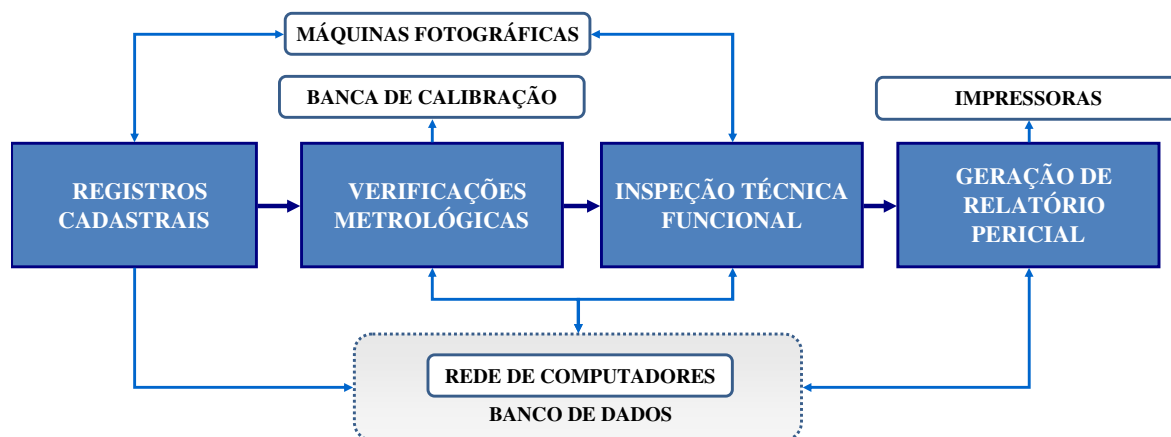


Figura 12. Síntese do método proposto e principais recursos empregados

De acordo com a síntese apresentada pela Figura 12, o modelo inicial de sistematização da identificação de irregularidades em MEEs corresponde ao mapeamento dos serviços tradicionalmente executados em uma perícia. Esses serviços são basicamente divididos em (i) **registros cadastrais**, com o armazenamento de informações do MEE e de suas imagens na etapa de seu recebimento, (ii) **verificação metrológica**, com as medições dos erros apresentados pelo MEE, (iii) **inspeção técnica funcional**, evidenciando-se a conformidade do MEE, e (iv) **geração de relatórios periciais**. Cada uma dessas atividades contém informações que devem ser armazenadas e gerenciadas a fim de se compor o conteúdo de um relatório pericial. A Figura 12 relaciona os principais recursos a serem empregados para complementar o SGI proposto: uma rede de computadores, impressoras, máquinas fotográficas e uma banca de calibração. A Figura 13, por sua vez, detalha o fluxograma a ser adotado na sistematização do serviço de perícia aplicada a um MEE, em que se destacam os quatro serviços citados na Figura 12.

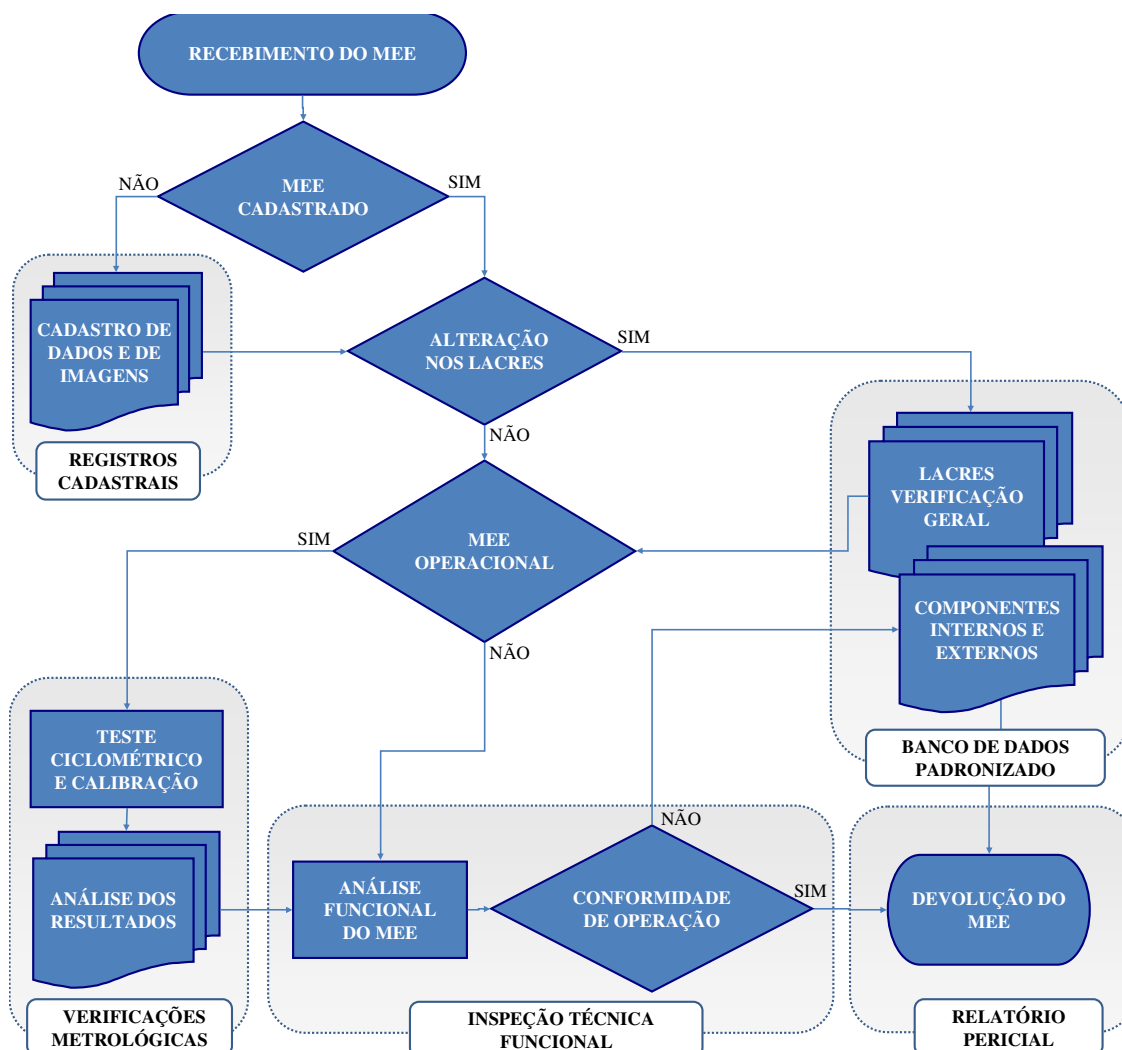


Figura 13. Fluxograma da sistematização do gerenciamento de informações

Conforme indica o fluxograma apresentado na Figura 13, a entrada das informações a serem processadas pelo SGI deve ser realizada mediante o cadastramento de parâmetros especificados para cada MEE a ser verificado. De acordo com o método proposto, a etapa de **registros cadastrais** deve atender à inspeção e ao recebimento do MEE com a atribuição de um número de identificação (ID) único para cada MEE, pelo SGI, que será estruturado por meio de um *software* de gerenciamento de informações. Já a etapa referente ao **banco de dados padronizado** consiste em disponibilizar ao usuário do sistema, de forma automatizada, uma listagem das irregularidades pesquisadas e padronizadas quanto a sua nomenclatura técnica, possibilitando o atendimento à etapa de **inspeção técnica funcional** dos MEEs. Por fim, a etapa de **verificação metrológica** deve ser responsável pelo gerenciamento de informações decorrentes da utilização da instrumentação e da análise dos erros de medição para cada MEE. Dessa forma, a partir dos parâmetros de inspeção e de recebimento, das tarefas desempenhadas na identificação de irregularidades (banco de dados padronizado) e das

tarefas associadas à medição, é obtido um **relatório pericial** de forma padronizada. A seguir, cada etapa do trabalho será detalhada, enfatizando-se fatos relevantes para o gerenciamento de informações proposto.

3.1 REGISTROS CADASTRAIS

A demanda pelo gerenciamento efetivo das informações do processo de emissão de relatórios periciais para MEE justifica-se essencialmente pela necessidade de controle de diversos parâmetros associados ao processo de recebimento e de inspeção dos MEEs. Tais parâmetros consistem nos dados que devem ser informados ao SGI, o que configurará os registros cadastrais dos MEEs. Para Stair e Reynolds (2002), registro em uma hierarquia de dados consiste em um conjunto de campos relacionados.

A Tabela 3 apresenta a relação de dados a serem informados na etapa de cadastros. Esses dados são informados parcialmente no momento do recebimento do MEE e parcialmente durante o processo de identificação de irregularidades. Dessa forma, os registros cadastrais são construídos por dados desde o recebimento do MEE até a montagem do relatório pericial, que caracteriza o fim da execução do serviço de perícia técnica. Além do armazenamento dos dados que constam na Tabela 3, o SGI também deve dispor de campo específico para o armazenamento das informações referentes a possíveis irregularidades identificadas no MEE no momento do seu recebimento. Isso é necessário pela possibilidade de haver casos em que determinado MEE se apresente com irregularidades que possam ser identificadas sem a necessidade de inspeção detalhada de seu circuito de medição. Considerando essa lógica, o módulo do SGI referente ao cadastro das irregularidades deve estar acessível ao usuário em qualquer etapa do modelo proposto, antes da montagem do relatório de perícia.

Tabela 3. Dados cadastrais dos MEEs analisados

DADOS GERAIS DO PROCESSO		DADOS DO MEE		
RECEBIMENTO	UNIDADE CONSUMIDORA	ESPECIFICAÇÕES		CADASTRO DE IMAGENS
Concessionária	Número	Fabricante	Sistema de medição	Vista frontal do MEE
Local da instalação	Nome	Modelo	Constante de medição ativa	Vista lateral direita do MEE
Nota fiscal de recebimento	Endereço	Tipo	Constante de medição reativa	Vista lateral esquerda do MEE
Acessórios recebidos	Bairro	Ano de fabricação	Classe de exatidão	Vista inferior do MEE
Solicitante da análise	Cidade	Número de série	Corrente nominal	Vista superior do MEE
Endereço do solicitante	CEP	Número de patrimônio	Corrente máxima	Vista posterior do MEE
Inspeção de recebimento	Tipo de consumidor	Tipo de registrador	Tensão nominal	Lacres
		Registro de energia	Observações gerais	

A Tabela 3 é dividida em dois grandes grupos e totaliza 37 registros. O primeiro grupo contém **dados gerais do processo**, que devem ser atribuídos à contratação de serviço e às informações do MEE, decorrentes da etapa de inspeção e recebimento. Todos os dados a serem cadastrados são relevantes ao funcionamento do SGI e devem ser apresentados nos relatórios periciais, pois, analisados em conjunto, podem complementar as informações da etapa de inspeção técnica funcional e da verificação metrológica de cada MEE.

O segundo grande grupo refere-se aos **dados do MEE** e considera os registros cadastrais de suas especificações e de suas imagens. É esse conjunto de dados que subsidiará a identificação das irregularidades na etapa de inspeção técnica funcional do MEE. Por isso, propõe-se que o MEE tenha todas as suas imagens registradas, desde o seu acondicionamento até a verificação dos componentes que o integram. O acondicionamento do MEE é feito com um invólucro de proteção utilizado para o seu transporte do local da unidade consumidora até o local do executor do serviço de perícia. No relatório, todas as imagens registradas e armazenadas deverão ser utilizadas e apresentadas conforme a ordem cronológica dos eventos, tendo como finalização o registro das imagens equivalentes às condições de devolução do MEE.

3.2 VERIFICAÇÕES METROLÓGICAS (MEDIÇÃO)

Os testes a serem executados na etapa de verificações metrológicas correspondem às medições a serem realizadas no elemento móvel do MEE e em seu registrador ciclométrico. Tais medições serão denominadas calibração e teste ciclométrico, respectivamente. Os parâmetros a serem configurados devem compreender as especificações de trabalho de cada MEE, declaradas por seus fabricantes. Dessa forma, para a montagem do plano de calibração e para a configuração do teste ciclométrico dos MEEs, as informações necessárias devem ser consultadas em seus registros cadastrais.

De acordo com a definição do VIM (INMETRO, 2007), o objetivo maior de uma calibração corresponde à obtenção de medidas com resultados conhecidos e confiáveis. Segundo esse conceito, nesta etapa do SGI, cada MEE deverá ser calibrado, para com isso obter-se informações confiáveis sobre seu erro de medição. Essa verificação metrológica, bem como o teste ciclométrico, deverão ser realizados com base em um equipamento padrão, devidamente calibrado, e com rastreabilidade de informações a padrões nacionais e/ou

internacionais. O equipamento padrão a ser adotado consiste em uma fonte de energia, calibrada, com erros de medição conhecidos e com especificação de trabalho melhor do que as especificações de trabalho dos MEEs a serem verificados. Tal equipamento será denominado de banca de calibração padrão.

Um MEE eletromecânico, por seu princípio de funcionamento, contabiliza o consumo de energia a partir do número de giros do elemento móvel, que é proporcional a potência consumida, e que é indicada ao usuário a partir do registrador ciclométrico. Por constituírem-se alvos de irregularidades que causam a alteração da contabilização do consumo de energia, e por sua interação funcional, o registrador ciclométrico e o elemento móvel devem ter seus valores de medição analisados separadamente. Para isso, deve-se calibrar o MEE, a partir da leitura de energia com base nas rotações do seu elemento móvel e deve-se verificar o seu registrador ciclométrico, a partir da variação de energia registrada durante um determinado intervalo de tempo.

3.2.1 *Teste ciclométrico*

A verificação do erro das indicações do valor de consumo contabilizado para um MEE do tipo eletromecânico consiste na verificação do seu registrador ciclométrico. Para verificação isolada do registrador ciclométrico, quanto ao seu erro de medição, o método a ser adotado consiste na comparação do valor de energia contabilizada entre a banca de calibração padrão e o MEE a ser periciado. Neste caso, deve-se anotar a indicação de energia registrada ao início da execução do teste e deve-se aplicar ao MEE valores de carga de acordo com sua especificação de trabalho, que é declarada em sua placa de identificação. Durante a medição, ao detectar-se o giro do primeiro tambor do registrador ciclométrico, ou do seu dígito menos significativo, procede-se a leitura da energia contabilizada pelo MEE, comparando-a com a variação de energia gerada pela banca de calibração padrão. Esse procedimento envolve apenas uma repetição da leitura para a medição realizada.

Ao final, a diferença entre o valor de energia contabilizado, tanto pela banca de calibração padrão como pelo MEE, possibilita a determinação do erro de medição atribuído especificamente ao registrador ciclométrico. Esse valor de erro deve ser da mesma ordem do valor de erro obtido pela calibração do MEE a partir do seu elemento móvel. Caso haja diferença entre eles, têm-se indícios de irregularidade no funcionamento do MEE e deve-se proceder a sua inspeção técnica funcional. Excepcionalmente, poderá se constatar que o

elemento móvel esteja travado ou desacoplado do seu eixo, e por consequência disso, desacoplado também do registrador ciclométrico. Com isso, não será possível verificar o registrador ciclométrico por meio da comparação de energia contabilizada com uma banca de calibração padrão. Este tipo de situação deverá ser descrita no relatório, como teste indisponível, devendo-se proceder à inspeção funcional do registrador ciclométrico, com a análise manual do número de giros e do estado das suas engrenagens.

Outra situação excepcional que pode ser encontrada é o não funcionamento do registrador ciclométrico, e o correto funcionamento da contabilização de energia por meio dos giros do elemento móvel. Para essa situação, deve-se proceder a calibração do MEE a partir da contagem do número de giros do elemento móvel.

3.2.2 *Calibração do MEE*

Por envolver a coleta repetida de um número de medições e a comunicação entre os MEEs a serem calibrados e a banca de calibração padrão, a calibração deverá ser realizada, de maneira automatizada, a partir da interligação de uma rede de computadores. Com base nos registros cadastrais de cada MEE, devem ser gerados roteiros de calibração que orientem e padronizem a comunicação de dados entre a instrumentação e o SGI. A padronização adotada para plano de calibração, composto por diferentes pontos de energia a serem medidos, deve seguir as recomendações da Portaria do INMETRO número 88 (BRASIL, 2006).

A configuração dos parâmetros de calibração de um MEE é especificada com base em suas especificações de operação. Citam-se como exemplo de tais especificações, as constantes de integração de energia ativa e reativa, o valor de tensão nominal, o valor de corrente de carga nominal, o valor máximo de corrente de carga, o fator de potência, a frequência, e a classe de exatidão. De acordo com a Portaria do INMETRO número 88 (BRASIL, 2006) e objetivando-se abranger um cenário tipicamente utilizado pelos consumidores, define-se como plano de calibração os valores da Tabela 4.

Tabela 4. Registros cadastrais utilizados para composição do plano de calibração

	PONTO DE CALIBRAÇÃO		
	1	2	3
CORRENTE NOMINAL	100%	100%	10%
TENSÃO NOMINAL	100%	100%	100%
FATOR DE POTÊNCIA	1 resistivo	0,5 indutivo	1 resistivo
CLASSE DE EXATIDÃO	Valor percentual		
SISTEMA DE MEDIÇÃO	Monofásico, bifásico ou trifásico		
CONSTANTE DE MEDIÇÃO	Valor absoluto		
FREQÜÊNCIA	60Hz		

Na prática, a previsão é que todos os registros da Tabela 4 sejam variados de acordo com a diversidade de modelos de MEEs cadastrados. Este fato justifica a generalização dos dados individuais para cada MEE. Como exceção prevista, a especificação equivalente à frequência da medição também poderá ser alterada, no entanto, estrategicamente, tal valor será mantido fixo, atendendo a automação do processo e as especificações construtivas da rede de distribuição de energia elétrica do país, que opera em um valor nominal de 60Hz.

Com isso, considerando-se que a entrada dos dados necessários para montagem do plano de calibração é realizada na etapa de recebimento e inspeção do MEE, o SGI proposto deverá gerar, automaticamente, um arquivo que será disponibilizado, via rede de computadores, para a configuração da banca de calibração de padrão. Com isso, o processo de calibração ocorrerá de forma automatizada, dispensando a necessidade do acompanhamento de um metrologista para leitura das repetições dos valores de energia. Neste caso, o fluxo de informações deve ser contínuo e dado nos dois sentidos de comunicação, tanto a partir de cada estação de trabalho, como a partir da banca de calibração padrão. Uma estação de trabalho consistirá na estrutura necessária para executar as tarefas associadas à execução do serviço de perícia técnica, com a presença de um operador.

Em virtude do método de medição, que envolve a integração do valor de potência ao longo do tempo, estabelece-se um tempo mínimo de 1 minuto para calibração de cada ponto de energia. Considerando-se que deverão ser realizadas no mínimo quatro leituras para cada um dos três pontos do plano de calibração, o processo de calibração deverá ter a duração aproximada de 15 minutos. Além do tempo mínimo de calibração, outro fator a ser observado corresponde à determinação da variabilidade das medições, que envolve a avaliação estatística da dispersão das leituras realizadas para cada ponto de energia calibrado.

3.2.3 Incerteza da medição

De acordo com as recomendações do Guia para Expressão da Incerteza de Medição (INMETRO, 2003), será realizado o cálculo de incerteza para os pontos de energia calibrados. Para cada valor medido estima-se informar o valor de sua incerteza de medição, objetivando-se a confiabilidade dos valores dos erros de medição verificados para cada MEE. Para estimar a composição total do valor de incerteza a ser declarado para cada medição, serão consideradas as fontes de contribuição, e suas origens, conforme a Tabela 5. Para composição da Tabela 5 foram utilizadas algumas contribuições citadas por Debatin (2004), Albertazzi e Souza (2008), como a resolução da banca de calibração padrão, sua especificação e sua aprovação.

Tabela 5. Contribuições de incerteza para a medição de energia

Fontes de incertezas	Unidade	Tipo	Origem
Desvio padrão das medições do MEE sob teste	%	A	Cálculo do desvio padrão da média das medidas
Resolução da banca de calibração padrão (BCP)	%	B	Consulta às especificações do fabricante da BCP
Critério de aprovação para a BCP	%	B	Análise crítica do certificado de calibração da BCP
Especificação de trabalho da BCP	%	B	Consulta às especificações do fabricante da BCP
Coeficiente de variação de temperatura da BCP	%/°C	B	Consulta às especificações do fabricante da BCP
Fator de segurança para estabilidade das medidas	%	B	50% do valor de trabalho especificado para a BCP

O processo de atribuir confiabilidade ao valor médio declarado para o erro de medição, estimando-se sua incerteza, deve considerar fontes relevantes de variabilidade, ainda que elas contribuam indiretamente para as medições a serem realizadas. Algumas destas contribuições são constantes e previamente conhecidas para uma faixa de medição, caracterizando as contribuições de incerteza tipo B. Para a determinação do valor de dispersão das medições, equivalentes à contribuição do tipo A, será adotado o cálculo do desvio padrão da média das medidas. Neste caso, o desvio padrão será calculado tendo-se, no mínimo, quatro leituras por ponto de energia a ser medido.

Ao final todas as contribuições, do tipo A e do tipo B, devem compor apenas um valor, estimando-se com isso a incerteza associada à medição de cada valor de energia. Objetivando-se o estabelecimento de nível de confiabilidade adotar-se-á a estimação da incerteza de medição para dois desvios padrão da distribuição de probabilidade normal. Com isso, todos os valores de incerteza da medição declarados nos relatórios periciais devem estar associados a um nível de confiança de aproximadamente 95%. Ou seja, estimar-se-á com 95% de confiança que a média das medidas realizadas esteja no intervalo de valores declarados.

O processo de cálculo que resulta na estimativa do valor de incerteza será realizado em um arquivo programado no MS Excel, sendo necessário apenas informar ao SGI o ID do MEE a ser verificado. A análise efetiva de tais informações deve ser realizada integrando-se dois aplicativos, o MS Excel para a realização dos cálculos, e o arquivo de impressão de resultados das medições, que é fornecido pela banca de calibração padrão. A gerência de leitura e escrita dos dados entre estes dois aplicativos, bem como a exibição dos resultados ao usuário, consistirá uma atribuição do SGI.

Para Albertazzi e Souza (2008) o erro máximo de um sistema de medição consiste no maior valor absoluto de erro que ele pode cometer nas condições em que foi avaliado. Neste trabalho, tendo-se a estimativa da variabilidade das medições realizadas, associada a um nível significativo de confiabilidade, analisar-se-á o erro total dos MEEs. Para a determinação do erro total das medições, procede-se à raiz da soma quadrática do erro sistemático e do erro aleatório (MORRIS, 1992). Portanto, a aprovação dos resultados de medição depende, além da variabilidade, do valor determinado para o erro sistemático das medições.

3.2.4 *Análise dos resultados das verificações metrológicas*

A Portaria número 88 do INMETRO (BRASIL, 2006) consiste no documento a ser adotado como referência para definir os limites de aprovação dos resultados de medição obtidos para cada MEE. Tais limites compreendem ao dobro da classe de exatidão especificada pelos fabricantes para cada MEE, equivalendo ao valor de erro máximo tolerado para a medição. Para MEEs do tipo eletromecânicos em geral, as informações de classe de exatidão são da ordem de 2%. A consulta desses valores é realizada a partir dos dados do MEE cadastrados no SGI.

A tolerância a ser adotada para aprovação dos resultados de medição é ilustrada na Figura 14, onde o resultado é aprovado para os valores onde o erro médio e sua incerteza de medição estejam dentro da faixa de aprovação dos resultados, que deve ser o dobro da classe de exatidão dos MEEs. Tal critério foi definido buscando-se conservar as condições que apresentem variabilidade dentro da faixa de aceitação. Para Albertazzi e Souza (2008) a faixa de conformidade da medição indica que os erros encontrados encontram-se dentro da faixa de tolerância especificada para o MEE.

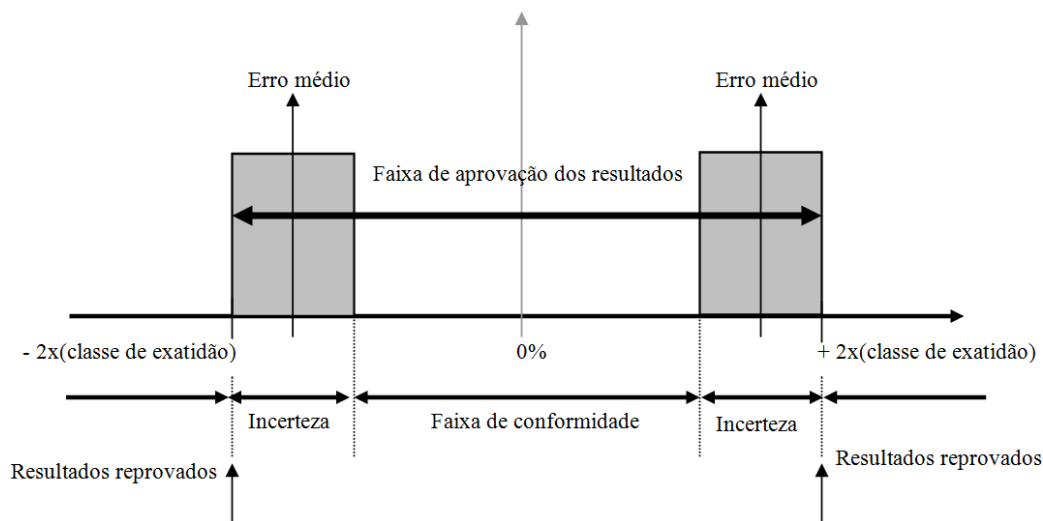


Figura 14. Tolerância para aprovação dos resultados de calibração

A informação da variabilidade das medições é um fator relevante a ser observado na análise dos resultados, pois refere-se à estabilidade das medições. Para que sejam evitados erros grosseiros de leituras ou de coleta de dados, deve-se programar um roteiro de verificação da estabilidade dos valores lidos. Havendo problemas, o usuário deve ser informado e os testes devem ser refeitos. O critério utilizado para verificação da estabilidade das medições deverá seguir a lógica de análise da medida de dispersão dos resultados, calculado pelo desvio padrão da média das medidas, que por sua vez integra o valor final de incerteza da medição.

Os resultados das medições apresentando-se estáveis, ao ser concluída a calibração, o erro total da medição deve ser analisado diretamente pelo SGI, que informará ao usuário o resultado de aprovação ou não do MEE. Este processo deve ser realizado pelo SGI, gerindo o aplicativo da banca de calibração padrão e planilhas do MS Excel. O aplicativo da banca retornará um arquivo de impressão com extensão PRN, contendo os resultados da calibração, que devem ser comparados com os limites de aprovação definidos para os MEEs, a partir da utilização de planilhas desenvolvidas no MS Excel.

Caso um MEE tenha seus resultados reprovados, de acordo com sua classe de exatidão, e dependendo do valor do erro de sua medição, têm-se fortes indícios da existência de irregularidades em seu funcionamento. Tais irregularidades podem estar relacionadas com a vida útil do MEE, ou ser causadas por interferências externas no seu circuito de medição, o que caracterizaria uma fraude. Portanto, além das informações dos resultados de medição, o processo para emissão de um relatório pericial requer a análise do estado físico do MEE.

O processo de verificação metrológica possui relevância para os relatórios periciais, visto que decisões de realização de perícia técnica serão processadas a partir da informação do erro de um MEE. Ou seja, caso o resultado de calibração apresente um erro de medição maior que os limites de aprovação de determinado MEE, pode-se inferir que existem indícios de alteração em seu funcionamento sob condições normais de operação. A etapa seguinte consiste, no confronto entre as irregularidades cadastradas no banco de dados, com a situação apresentada pelo MEE, relatando-se os fatos relevantes para constituição de subsídios que esclareçam a conformidade de sua operação.

3.3 BANCO DE DADOS HIERARQUICAMENTE PADRONIZADO

Em geral, o controle utilizado pelo proprietário de um MEE é realizado utilizando-se dispositivos de proteção em sua tampa e nos seus blocos de terminais. Tais dispositivos são os denominados lacres ou selos, e sua violação pode ser utilizada como indicador de possíveis alterações procedidas nos MEEs. Com isso, constituindo-se parte de controle de acesso ao circuito de medição dos MEE, tais dispositivos devem ter seu estado de recebimento verificado.

Para a construção do banco de dados hierarquicamente padronizado, o processo de verificação dos lacres será limitado à descrição de duas situações: (i) a ausência do lacre e (ii) a sua violação ou o seu rompimento. Essa medida foi adotada para que interesses entre as partes em um processo judicial ou extrajudicial sejam isentados, uma vez que a tecnologia de controle de acesso ao MEE é de domínio e interesse particular. É essa característica de isenção entre as partes que potencializa a padronização voltada aos tipos de irregularidades, que pode envolver discussões de interesse entre consumidor e uma concessionária distribuidora de energia, por exemplo. Tais interesses, em geral, prevalecem acerca da realização de fraudes ou do defeito de funcionamento em um MEE, que apresenta medidas errôneas. Para os casos em que os lacres não estiverem rompidos ou ausentes, o procedimento a ser adotado, corresponde ao registro de suas imagens para que estas sejam posteriormente apresentadas nos relatórios periciais produzidos.

3.3.1 Irregularidades padronizadas

Como forma de prever a viabilidade de padronização de um banco de dados que contém tipos de irregularidades, com base em uma estrutura hierárquica de informações, prevê-se a aplicação de uma pesquisa qualitativa com a realização de grupos de estudos com especialistas em medição de energia elétrica. Segundo Makridakis (1998) para os métodos de previsão qualitativos a informação requerida é baseada principalmente em julgamentos subjetivos e na experiência acumulada de especialistas no assunto.

Portanto, os grupos de estudo com especialistas para participação na pesquisa aplicada à identificação e à padronização de irregularidades em MEEs devem ser constituídos por engenheiros e técnicos, de concessionárias de energia elétrica, por consultores técnicos de empresas de condicionamento e por fabricantes de MEE, bem como por engenheiros que atuam como peritos em identificação de irregularidades relacionadas a furto de energia elétrica. A opinião de muitos especialistas tende a ser melhor que a opinião de um, por isso, sugere-se que cada grupo, considere um especialista de cada categoria citada.

A pesquisa qualitativa deverá conter três grupos, reunindo-se estes, em seções focadas com a participação de, no mínimo, quatro especialistas. O grupo de pesquisa focada constitui uma técnica qualitativa para realizar previsões. Nessas seções serão identificados os tipos de irregularidades praticadas a partir da verificação, sob diferentes aspectos, de nove MEE fraudados. Cada grupo de estudo de pesquisa deverá verificar seqüencialmente um MEE por vez, registrando as irregularidades identificadas. Serão verificados três MEE destinados à medição monofásica, à medição bifásica e à medição trifásica de energia elétrica. A Figura 15 ilustra este processo.

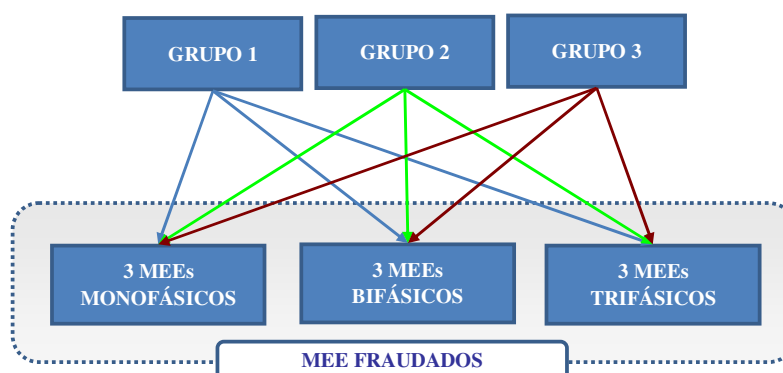


Figura 15. Pesquisa qualitativa com grupos de estudo para padronizar irregularidades

As irregularidades identificadas pelos grupos serão registradas em formulários padronizados (Figura 16) e após cada grupo ter registrado seus resultados para cada MEE verificado, serão discutidos os resultados individuais com todo o grupo de especialistas envolvidos. O resultado final deve possibilitar que a nomenclatura, bem como as evidências técnicas, sejam acordadas por todos os especialistas. Com os resultados destes grupos de estudo, busca-se também, a confirmação da viabilidade de automação da inspeção técnica funcional de MEEs com base em um banco de dados hierarquicamente padronizado.

AMOSTRA DE MEE			GRUPO	DESCRIÇÃO DAS IRREGULARIDADES ENCONTRADAS
Número da amostra	Fabricante:		Número	
	Número de série:			
	Sistema de medição:			

Figura 16. Formulário aplicado ao grupo de estudo para registro de irregularidades

Concluída a pesquisa vinculada aos grupos de estudos, dar-se-á a etapa de estruturação do banco de dados hierarquicamente padronizado. O cadastro, no SGI, dos tipos de irregularidades deverá ser realizado de acordo com a nomenclatura adotada pela Portaria do INMETRO número 88 (BRASIL, 2006). Para exemplificar tal procedimento, citam-se as nomenclaturas dos seguintes componentes: o elemento móvel que também é conhecido por disco do MEE; a ponte de potencial, também identificada por elo de aferição. Deverão ser padronizados todos os componentes dos MEEs, quanto a sua nomenclatura e quanto aos tipos de irregularidades associadas a eles. Além dos documentos de referência sobre MEEs, o conhecimento técnico dos especialistas envolvidos nos grupos de estudo também poderá ser consultado.

Estruturalmente, o banco de dados hierarquicamente padronizado deve ser organizado em níveis que se ramificam conforme o nível de detalhamento de uma irregularidade (Figura 17). O termo hierárquico foi adotado, pois à medida que o detalhamento especificar componentes da construção de um MEE, e suas respectivas irregularidades, os níveis vão se ramificando com opções a serem selecionadas.

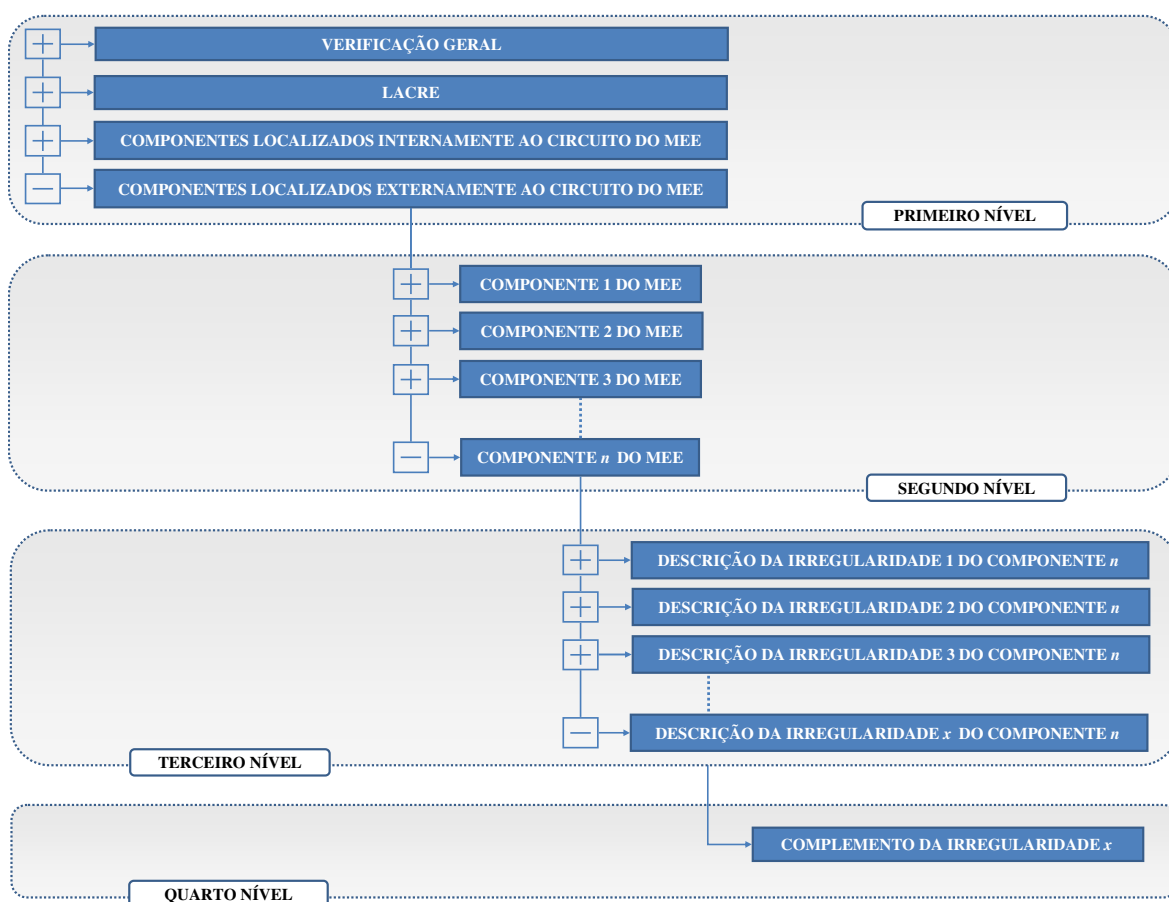


Figura 17. Generalização em níveis da estruturação do cadastro de irregularidades

A lógica da hierarquia do bando de dados deve atender a análise de um MEE desde sua estrutura mais externa até seus componentes mais internos. Com isso, os quatro cadastros de primeiro nível da hierarquia proposta pela Figura 17 classificam-se em: verificação geral, lacres, componentes localizados externamente ao MEE e componentes localizados internamente ao MEE. Estes quatro itens são adotados como um primeiro nível da estrutura por envolver condições que podem ser analisadas separadamente quanto ao funcionamento do MEE, e por apresentarem condições que podem ser identificadas independentemente umas das outras.

De acordo com a Figura 17, além dos níveis primários, são previstos mais três níveis de ramificações: um equivalente à descrição específica para os componentes de um MEE, outro para descrição de irregularidades, e um nível para relatar um complemento conclusivo acerca das descrições selecionadas. O terceiro nível referente à descrição dos tipos de irregularidades associadas a cada componente de um MEE constitui uma ferramenta exploratória do SGI, pois deve descrever todas as possíveis irregularidades estudadas. A conclusão complementar, prevista para o quarto nível da hierarquia do banco de dados, deverá

ser utilizada para facilitar o entendimento do impacto de determinada irregularidade em um MEE sobre o processo de medição de energia. Para tal, deverão ser padronizados textos complementares que objetivam descrever se determinada irregularidade ocasiona, pode ocasionar ou possibilita meios para ocasionar a interrupção da contabilização do consumo de energia. Para todos os níveis, as permissões e as restrições de trabalho aplicadas devem ser as mesmas, orientando-se uma linguagem padronizada de irregularidades dentro da hierarquia de níveis proposta.

3.3.2 *O mapeamento de irregularidades*

Nesta etapa do processo de sistematização do reconhecimento de irregularidades em MEEs, tendo-se os resultados das verificações metrológicas e com o acesso às informações do banco de dados hierarquicamente padronizado, o trabalho relacionado à inspeção no MEE será sistematizado, seguindo-se orientações automatizadas do SGI. Tais orientações consistem nas etapas a serem cumpridas para emissão de um relatório pericial.

Para mapear irregularidades que caracterizem fraudes em MEE, serão utilizados os valores dos erros de medição de cada MEE. Dependendo do tipo de MEE, monofásico ou polifásico, algumas irregularidades justificam a redução da medida de consumo de energia, citando-se como exemplo um MEE eletromecânico trifásico, com um de seus terminais de prova aberto. Para essa situação o resultado da calibração deve indicar um erro de medição de aproximadamente -30%. Tal erro indica que o MEE estaria contabilizando 30% a menos da energia efetivamente consumida. Por outro lado, para o mesmo MEE, caso todos os três terminais de prova apresentarem-se abertos, a energia consumida não é contabilizada, tendo-se um erro de medição de -100% de energia consumida. Em alguns casos de alteração no elemento móvel, ou em um de seus mancais, também implicam em irregularidades em que o MEE não contabiliza consumo de energia.

Com isso, a informação do erro de medição deve indicar situações típicas das possíveis causas que impedem o correto funcionamento de um MEE. No entanto, irregularidades em um MEE também podem ocorrer sem a indicação de erros significativos para os valores de medição, quando o MEE for retirado da unidade consumidora. Esse fato, justifica a inspeção técnica funcional do MEE para todos os casos com suspeita de possíveis irregularidades, focando-se na análise dos erros de medição referentes à operação do seu elemento móvel e do seu registrador ciclométrico.

A verificação geral de aspectos que sustentem a conformidade de um MEE deverá ser realizada de acordo com a hierarquia padronizada para identificação de suas irregularidades, verificando-se desde sua estrutura externa até componentes específicos de sua construção interna. Ou seja, a verificação do MEE deverá ser dada desde o estado dos seus parafusos mais externos, até os componentes de seu circuito de medição, devendo-se também registrar os fatos por meio de fotografias. Por este motivo, a estrutura para o banco de dados hierarquizado será adotada em camadas que se ramificam detalhando cada vez mais determinada estrutura. Com isso, no momento da consulta de irregularidades cadastradas no SGI, será possível o cruzamento das informações do banco de dados (irregularidades armazenadas) com as irregularidades identificadas para o MEE a ser periciado.

Para o caso de relatórios periciais, apenas as informações correlacionadas ao MEE em análise deverão ser apresentadas para a tomada de decisão do usuário do SGI. O usuário ou operador do SGI pode ser um perito em fraudes realizadas em MEEs. A proposta deve orientar a verificação total do MEE confrontando os fatos verificados com as irregularidades padronizadas.

3.4 MODELO DE RELATÓRIO PERICIAL

A composição de um relatório pericial gerado pelo SGI deverá ser elaborada a partir das informações obtidas ao longo da verificação do MEE. O SGI proposto gerenciará as informações resultantes dos registros cadastrais, do cadastro de imagens, da verificação metrológica e da inspeção técnica funcional. É a partir do gerenciamento dessas informações que se encontram em diferentes aplicativos, que deverá ser gerado o relatório de perícia. A sistematização da emissão de relatórios periciais deve ser orientada de forma similar a um processo manual, onde as tarefas envolvidas para obtenção de um relatório pericial utilizam ferramentas computacionais acionadas pelo operador do SGI. Neste sentido, predominam vantagens da automação como: a possibilidade de processamento paralelo de informações, o gerenciamento de recursos e o controle da subjetividade de informações.

Considerando-se, principalmente, a necessidade da produção de um número significativo de relatórios, a etapa de cadastros de informações e de imagens pode ser dada por diferentes operadores, ao mesmo tempo. Esta etapa consiste na entrada de informações ao SGI, para processamento e para produção de relatórios periciais, sendo utilizado por todos os

aplicativos envolvidos. A seguir, são descritos os itens a serem contemplados em um modelo de um relatório pericial objetivando-se sua padronização. Este modelo propõe a apresentação estruturada de resultados das diferentes etapas processadas pelo SGI.

1. Identificação do solicitante e da unidade consumidora
2. Identificação da unidade sob teste
3. Documentos aplicáveis
4. Rastreabilidade dos padrões utilizados
5. Verificações metrológicas
 - i. Calibração
 - ii. Teste ciclométrico
6. Condições ambientais registradas durante as verificações metrológicas
7. Análise realizada
8. Conclusão
9. Imagens relacionadas

Nos itens 1 e 2, poderão ser apresentadas todas as informações referentes aos registros cadastrais, de acordo com a solicitação do contratante do serviço de perícia técnica. O item 3, referente aos documentos aplicáveis, deverá relacionar as normas e portarias utilizadas como referência para análise dos resultados e para padronização de nomenclatura.

O item referente à rastreabilidade das medições deverá apresentar no relatório pericial as referências para as medições realizadas, juntamente com informações da validade dos certificados de calibração dos padrões utilizados. O item 5, verificação metrológica, apresentará formalmente os resultados das verificações metrológicas realizadas, sendo apresentadas em seguida, no item 6, as condições ambientais em que estas foram realizadas. Os itens 7 e 8 do relatório serão conclusivos e com uma abordagem voltada essencialmente para as pessoas leigas no assunto técnico de medição de energia elétrica. Neste caso, serão automaticamente realizadas interpretações de caráter técnico, relatando a aprovação ou não dos resultados, bem como a descrição detalhada das irregularidades encontradas e dos fatos observados. Por fim, a relação de imagens apresentadas no item 9 deve concluir o relatório com subsídios visuais e concretos de todos os fatos relatados, atribuindo ao relatório evidências esclarecedoras sobre os itens abordados.

4 AUTOMAÇÃO DO MODELO

Neste capítulo, apresenta-se a aplicação da proposta de sistematização do gerenciamento das informações de entrada e de saída de serviços de perícia técnica aplicada a MEEs. Seu desenvolvimento foi estruturado a partir de um *software* que recebeu a denominação de REPEM, sigla que representa “Registro de Perícias em Medidores de Energia Elétrica”. A Figura 18 apresenta a tela principal do *software* desenvolvido.



Figura 18. Tela principal do *software* de gerenciamento de informações

A operação do *software* foi concebida para ser utilizada em uma rede de computadores interligados a um banco de dados central. O gerenciamento de informações do banco de dados central baseia-se na linguagem de manipulação de dados SQL (*Structured Query Language*). Para Laudon (1999), SQL é a mais importante linguagem de manipulação de dados de sistemas de gerenciamento de bancos de dados. A estruturação do banco de dados foi orientada a técnicas de pesquisa qualitativa, o que garante que a aplicação do *software* não esteja submetida a influências ou a decisões de operadores externos.

4.1 ESTRUTURA OPERACIONAL DO SISTEMA DESENVOLVIDO

O recebimento do MEE corresponde à etapa inicial da execução do serviço de perícias. Para registro das condições de recebimento, o MEE é fotografado, e as imagens são armazenadas no REPEM. No momento do recebimento do MEE, inspecionam-se todas as características do MEE, dando-se atenção especial ao seu acondicionamento. Os serviços básicos a serem executados em um processo de análise pericial consistem em (i) registros cadastrais, (ii) medição e (iii) inspeção técnica funcional, sistematicamente padronizados com foco na emissão de relatórios periciais. A Figura 19 representa essa sistemática, enfatizando a possibilidade de processamento paralelo de atividades, com vistas à potencialização da produção de relatórios. Ainda que tal processamento seja paralelo, as etapas de registros cadastrais, de medição e de inspeção técnica funcional seguem um fluxo seqüencial de atividades quando aplicadas especificamente a um MEE. O paralelismo equivale, neste caso, à verificação de diversos MEEs em cada etapa da sistematização. A Figura 19 representa, também, os tempos previstos para a realização das etapas descritas.

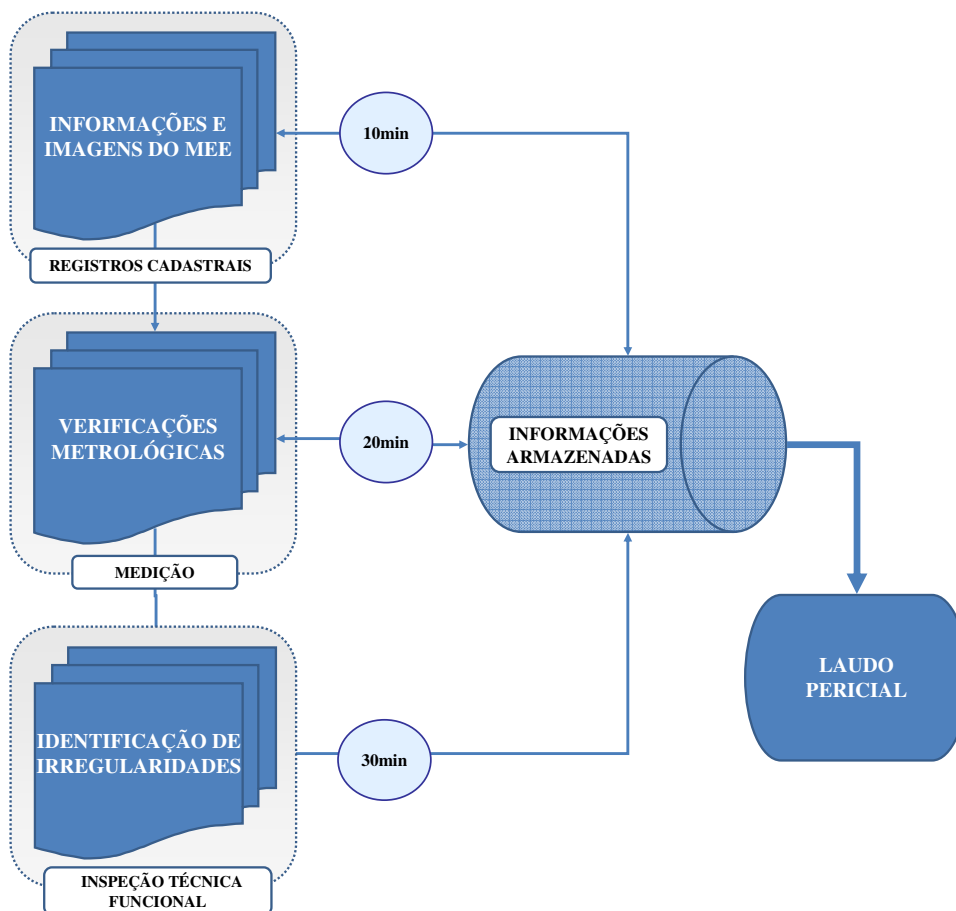


Figura 19. Síntese de atividades com foco na emissão de relatórios periciais

A etapa que configura a entrada de dados para o processamento sistemático equivale à dos **registros cadastrais**, em que são armazenados os dados gerais de cada MEE no banco de dados do REPEM. O Apêndice A exemplifica a tela do REPEM que contém os registros cadastrais. Tais cadastros objetivam prover recursos aos demais serviços gerenciados pelo REPEM, envolvidos na análise pericial do MEE, os quais posteriormente são utilizados para a montagem do plano da calibração e para a aprovação dos seus resultados.

As tarefas executadas para o armazenamento dos registros cadastrais, quanto ao recebimento e à inspeção de um MEE, são realizadas apenas uma vez para cada MEE, limitando-se à digitação e ao armazenamento de imagens. Para cadastrar um total de 37 registros solicitados pelo REPEM, considerando-se inclusive o armazenamento das fotos dos MEEs, o período de tempo estimado é de, aproximadamente, 10 minutos.

Com os registros cadastrais incluídos no REPEM, é possível proceder-se à etapa referente à **medição**. Essa etapa compreende as verificações metrológicas aplicadas ao MEE, o que inclui a análise dos seus erros de medição. As medições envolvidas nas verificações metrológicas ocorrem automaticamente, a partir de comandos programados no REPEM e enviados para a banca de calibração padrão via rede de computadores. Concluídas as medições, a análise dos seus resultados é realizada com a aprovação ou não do MEE segundo as especificações de trabalho declaradas por seu fabricante. As atividades envolvidas na medição ocorrem sem necessidade de intervenção do operador do REPEM, uma vez que essa tarefa está programada para ocorrer automaticamente, com a integração dos aplicativos envolvidos. O Apêndice A apresenta a tela que é utilizada para a integração desses aplicativos e que resulta nos valores de incerteza das medições e nas aprovações dos seus resultados. O tempo demandado para esta etapa deve-se, basicamente, ao desempenho de processamento de dados da rede de computadores, ao tempo de calibração dos MEEs e ao tempo de execução do teste ciclométrico, estimando-se um total aproximado de 20 minutos.

A etapa seguinte corresponde à de **inspeção técnica funcional**, que equivale à verificação de evidências que comprovem a conformidade da operação do MEE. Caso existam alterações nos componentes dos MEEs, elas podem ser relatadas a partir da seleção das irregularidades padronizadas e armazenadas no banco de dados hierárquico do REPEM. Podem ser selecionadas quantas descrições de irregularidades forem necessárias, sendo cada uma delas subsidiada por suas respectivas imagens armazenadas no banco de dados. O Apêndice A exemplifica uma tela do REPEM que contém algumas irregularidades

selecionadas e que serão armazenadas para o ID de um MEE. Por envolver questões de maior subjetividade, o tempo de duração desta etapa do serviço é variável e depende da experiência e do conhecimento técnico da pessoa que analisa o MEE. Prevê-se, ainda assim, para as atividades referentes a esta etapa, um tempo médio de 30 minutos.

Padronizadas as etapas principais da sistematização proposta, estima-se o tempo total de uma hora para a execução do serviço de perícia para cada MEE. Por envolverem o processamento de informações que dependem da utilização de outras ferramentas, os serviços de verificação metrológica e de inspeção técnica funcional demandam um período de tempo maior que o tempo dedicado aos registros cadastrais. Por isso, objetivando-se o máximo aproveitamento dos recursos envolvidos na produção de relatórios periciais, buscou-se a automação da utilização das ferramentas de apoio para os processos dedicados às medições, bem como para o processo de inspeção técnica funcional dos MEEs.

4.2 AUTOMAÇÃO DOS SERVIÇOS DE MEDIÇÃO

As atividades referentes à verificação dos erros de medição de um MEE envolvem o controle e o conhecimento de parâmetros referentes aos aspectos construtivos de cada MEE. Esses parâmetros são informados e utilizados pelo REPEM sob a forma de registros cadastrais. A automação do teste ciclométrico de um MEE é realizada digitando-se a variação dos valores de energia lidos no MEE e na banca de calibração padrão no REPEM, que informa, com base na comparação entre eles, a aprovação ou não do teste realizado. Diferentemente, a automação das atividades de calibração foi segmentada nas quatro atividades seguintes:

- (i) O estabelecimento de uma linguagem de comunicação entre a banca de calibração padrão, a rede de computadores e o REPEM, com a criação de roteiros de calibração específicos para cada tipo de MEE, a partir dos seus registros cadastrais contidos em seu ID. O Apêndice D (Figura 54) exemplifica um roteiro de calibração desenvolvido especificamente para um MEE verificado com o uso do REPEM.
- (ii) A avaliação dos resultados de calibração pelo REPEM, a partir da consulta dos arquivos de resultados da banca de calibração padrão. Essa consulta retorna os erros de medição obtidos para cada MEE, os quais são processados na planilha “analise_calibracao.xls”.

Os Apêndice B e C exemplificam o arquivo de resultados de calibração e o modelo da “analise_calibracao.xls”, respectivamente.

- (iii) A determinação do valor de incerteza de medição, a partir da consulta do REPEM a arquivos de resultados de calibração (Apêndice B), e seu posterior processamento em planilhas desenvolvidas no MS Excel, denominadas “analise_calibracao.xls” (Apêndice C).
- (iv) A aprovação dos resultados de calibração, realizada a partir de uma consulta realizada pelo REPEM, que compara o valor do erro total do MEE ao valor cadastrado para a sua classe de exatidão. A consulta ao valor do erro total é realizada a partir do arquivo “analise_calibracao.xls”, e o valor da classe de exatidão é obtido a partir dos registros cadastrais de cada MEE no banco de dados do REPEM. A planilha “analise_calibracao.xls” é renomeada a cada utilização para o ID do MEE a ser verificado e é salva em um dos diretórios da rede de computadores.

O conhecimento, de forma confiável, dos erros de medição de um MEE constitui um subsídio relevante para evidenciar a conformidade de seu funcionamento. Para isso, adotou-se a banca de calibração padrão. A fim de facilitar o processo de configuração da banca de calibração padrão bem como o seu acesso pelos diferentes postos de trabalho gerenciados pelo REPEM, estabeleceu-se como critério sua utilização por meio de uma rede de computadores. A banca de calibração padrão foi adquirida com base em especificações de caráter técnico-operacional, como, apresentar compatibilidade de operação em rede de computadores e possuir circuito de medição que atenda mecanicamente à ligação de uma significativa diversidade de MEEs.

A banca de calibração padrão (Figura 20), além de atender à especificação de trabalho em rede, foi especificada para operar em uma faixa de tensão de 15V até 300V e em uma faixa de corrente de 0,25A até 200A. Sua operação possibilita, ao mesmo tempo, a calibração de até 3 MEEs de mesmas especificações e disponibiliza uma interface ao usuário, que consiste em um *software* proprietário, em que são configurados os pontos de calibração a serem verificados. O *software* proprietário da banca de calibração padrão é a interface de trabalho programada para configurar especificamente os seus parâmetros de funcionamento, podendo ser acessada e configurada por meio de uma linguagem de programação específica.

Esse processo de configuração é realizado a partir de um roteiro que contém comandos específicos de comunicação (exemplo no Apêndice D).



Figura 20. Banca de calibração padrão de MEEs

Ao final da calibração, os resultados dos erros de medição são avaliados com o uso do REPEM, que acessa um arquivo texto, salvo em um diretório da rede de computadores. Para o início do processo de calibração, após o MEE ter sido conectado fisicamente à banca de calibração padrão, o REPEM informa o plano de calibração, que é realizado conforme roteiros de calibração.

4.2.1 *Roteiros de calibração*

Para a calibração dos MEEs, cumprem-se as seguintes etapas básicas: (i) configuração dos pontos de calibração; (ii) configuração do número de pontos a serem calibrados e (iii) definição do número de repetições realizadas para cada ponto de calibração. A Tabela 6 especifica, genericamente, os registros cadastrais utilizados para determinar o plano de calibração a ser aplicado a cada MEE. O processo de comparação entre o MEE sob teste e a banca de calibração foi adotado para a verificação de três valores de energia, podendo-se alterar esses valores conforme uma demanda específica que não atenda aos padrões preestabelecidos para a sistematização.

Tabela 6. Registros cadastrais dos MEEs

ESPECIFICAÇÕES DO MEE	
REGISTROS CADASTRAIS DE MEE	
DESCRIÇÃO	TIPO
Fabricante	Texto
Modelo	Texto
Tipo	Texto
Tipo de registrador	Texto
Registro de energia	Número
Sistema de medição	Texto
Constante de medição ativa	Número
Constante de medição reativa	Número
Classe de exatidão	Número
Corrente nominal	Número
Corrente máxima	Número
Tensão nominal	Número

Os parâmetros da Tabela 6, que variam de acordo com cada modelo de MEE, são configurados individualmente para cada ponto de energia a ser calibrado, objetivando a verificação do erro de medição para carga nominal, para carga indutiva e para carga pequena do consumo de energia contabilizado pelo MEE. Determinado o plano de calibração, o número de leituras a serem realizadas para cada ponto de calibração é definido como quatro, podendo-se alterar este parâmetro caso seja necessária uma amostra maior de leituras por ponto calibrado.

O plano de calibração pode ser configurado manualmente na banca de calibração padrão por meio da digitação de cada ponto de energia a ser calibrado ou por meio de um roteiro de calibração, que contém instruções de todo o processo de calibração e que utiliza, para isso, comandos de comunicação específicos. Um roteiro de calibração, conforme a Figura 21, é composto por um cabeçalho, que contém informações de identificação do teste a ser executado, bem como pelo MEE a ser calibrado. As informações referentes ao MEE consistem no seu número de identificação (adotado pelo REPEM), no seu fabricante, no seu modelo e no seu número de série. Essas informações são automaticamente obtidas a partir da consulta aos registros cadastrais do MEE em análise.

CABEÇALHO DO ARQUIVO		
TÍTULO: Código de identificação do Medidor - Fabricante - Modelo - Número de Série		
COMANDOS	ORIGEM	DESCRIÇÃO
Sistema	Registro Cadastral	Sistema de medição, podendo ser do tipo monofásico ou polifásico.
ConstanteDoMedidor	Registro Cadastral	Constante integração do valor de medição especificação para energia ativa
ConstanteDoMedidor	Registro Cadastral	Constante integração do valor de medição especificação para energia reativa
ErroMaximo	Registro Cadastral	Classe de exatidão especificada pelo fabricante do MEE
LaudoSimplificado	Parâmetro constante	Tipo de laudo a ser executado
Frequência	Parâmetro constante	Valor de frequência adotada para calibração
DesvioMaximoTensao	Parâmetro constante	Varição máxima permitida para os valores de tensão
DesvioMaximoCorrente	Parâmetro constante	Varição máxima permitida para os valores de corrente
DesvioMaximoFase	Parâmetro constante	Varição máxima permitida para os valores de defasamento entre tensão e corrente
TempoMinimoDeAfericao	Parâmetro constante	Tempo de integração mínimo definido para as leituras realizadas
TensoesEquilibradas	Parâmetro constante	Calibração com cargas equilibradas.
CorrentesEquilibradas	Parâmetro constante	Calibração com cargas equilibradas.
FasesEquilibradas	Parâmetro constante	Calibração com cargas equilibradas.

Figura 21. Padronização das informações para um cabeçalho de um roteiro de calibração

Tendo-se a etapa de informações gerais formalizada pelo cabeçalho de um roteiro de calibração, as demais informações referem-se à configuração dos valores de energia a serem calibrados. A Figura 22 apresenta o conteúdo de um roteiro de calibração para um MEE, que estabelece uma seqüência lógica de comandos que são interpretados seqüencialmente pela banca de calibração padrão para a geração dos valores de energia. Para a geração de mais de dois valores de energia e atendimento ao plano de calibração pré-definido, esse processo deve ser repetido, observando-se alteração dos valores referentes às grandezas tensão, corrente e ângulo de defasagem entre a tensão e corrente.

PONTO DE CALIBRAÇÃO		
COMANDOS	ORIGEM	DESCRIÇÃO
TensaoA	Registro Cadastral	Gera um valor de tensão, de acordo com o sistema de medição do MEE
TensaoB	Registro Cadastral	Gera um valor de tensão, de acordo com o sistema de medição do MEE
TensaoC	Registro Cadastral	Gera um valor de tensão, de acordo com o sistema de medição do MEE
CorrenteA	Registro Cadastral	Gera um valor de corrente, de acordo com o sistema de medição do MEE
CorrenteB	Registro Cadastral	Gera um valor de corrente, de acordo com o sistema de medição do MEE
CorrenteC	Registro Cadastral	Gera um valor de corrente, de acordo com o sistema de medição do MEE
DefasamentoA	Parâmetro constante	Gera um valor de defasagem entre tensão e corrente, de acordo com o sistema de medição do MEE
DefasamentoB	Parâmetro constante	Gera um valor de defasagem entre tensão e corrente, de acordo com o sistema de medição do MEE
DefasamentoC	Parâmetro constante	Gera um valor de defasagem entre tensão e corrente, de acordo com o sistema de medição do MEE
REPETIÇÕES DE LEITURA		
COMANDOS	ORIGEM	VALOR
AjustaGrandezas	Parâmetro constante	Configura e ajuste os parâmetros configurados para calibração de um ponto de energia
CalibraAtivaTrifasica		Integra o valor de potência durante 1 minuto para realização da primeira leitura de um ponto de calibração
AjustaGrandezas	Parâmetro constante	Configura e ajuste os parâmetros configurados para calibração de um ponto de energia
CalibraAtivaTrifasica		Integra o valor de potência durante 1 minuto para realização da segunda leitura de um ponto de calibração
AjustaGrandezas	Parâmetro constante	Configura e ajuste os parâmetros configurados para calibração de um ponto de energia
CalibraAtivaTrifasica		Integra o valor de potência durante 1 minuto para realização da terceira leitura de um ponto de calibração
AjustaGrandezas	Parâmetro constante	Configura e ajuste os parâmetros configurados para calibração de um ponto de energia
CalibraAtivaTrifasica		Integra o valor de potência durante 1 minuto para realização da quarta leitura de um ponto de calibração

Figura 22. Representação parcial de um roteiro de calibração

O plano de calibração foi elaborado conforme as recomendações da Portaria INMETRO número 88 (BRASIL, 2006) a fim de se garantir a melhor abrangência do escopo de medição possivelmente utilizado por consumidores de energia elétrica. Para a formalização do encerramento do processo de calibração, são zerados todos os valores de tensão, de corrente e de defasagem entre elas, sendo enviado à banca de calibração padrão o comando de

calibração concluída (Parada=calibração concluída). Neste momento, também é exibida ao usuário uma mensagem, que informa a disponibilização da banca de calibração para a conexão de um novo MEE a ser calibrado.

Após a montagem do plano de calibração, ele é disponibilizado na rede de computadores, dentro de um diretório denominado “Calibração”. Cada roteiro de calibração é individual a cada MEE cadastrado, sendo nomeado com o ID cadastrado no REPEM para cada MEE e seguido de “Roteiro de Calibração”. A fim de ilustrar esse processo, o Apêndice D contém o roteiro de um MEE cadastrado com ID 2-7. Neste caso, o nome do roteiro de calibração é “2-7 Roteiro de Calibração.PRN”.

Estando o roteiro de calibração concluído e disponível em rede e estando o MEE devidamente conectado à banca de calibração padrão, inicia-se, então, o processo de medição com o acionamento do comando “Iniciar calibração”. Decorridos os 12 minutos necessários para o processo de medição, que equivalem a 1 minuto para cada uma das 4 leituras em cada um dos 3 pontos de calibração, a banca de calibração padrão armazena, em um diretório da rede de computadores um arquivo denominado “Resultados de Calibração”, com os resultados da referida calibração para que sejam, posteriormente, avaliados.

4.2.2 *Cálculo da incerteza*

Concluída a coleta de leituras dos erros de medição no processo de calibração, a próxima etapa consiste em analisar o comportamento da amostra coletada. Procede-se, então, à determinação da variabilidade das leituras coletadas, estimando-se o valor de incerteza associada ao sistema de medição. O processo manual consiste em coletar as quatro amostras de leitura realizadas para cada ponto de calibração e estimar a variabilidade de cada uma. Para isso, calcula-se o desvio padrão da média das quatro medições, que, na composição da incerteza da medição segundo o GUM (INMETRO, 2003), é denominada incerteza tipo A.

Além da contribuição da incerteza tipo A, existem outras fontes de variabilidade influente no processo de medição, que são estimadas por meio do conhecimento do sistema de medição e que consistem na incerteza tipo B. A determinação do valor total da incerteza de uma medição consiste em combinar, por meio de uma soma quadrática, as estimativas de incerteza tipo B à contribuição de incerteza tipo A. As contribuições de incerteza tipo B para a calibração dos MEEs envolvidos em verificação de irregularidades foram relacionadas na

Tabela 7, sendo seus valores constantes e conhecidos para toda a faixa de medição. Para o valor do desvio padrão das medições do MEE sob teste, não há um valor determinado na Tabela 7, pois ele depende dos valores das leituras a serem coletadas.

Tabela 7. Valores das contribuições de incerteza para a medição de energia

Fontes de incertezas	Valor bruto	Unidade	Tipo
Desvio padrão das medições do MEE sob teste	-	%	A
Resolução da banca de calibração padrão (BCP)	0,010	%	B
Critério de aprovação para a BCP	0,200	%	B
Especificação de trabalho da BCP	0,106	%	B
Coefficiente de variação de temperatura da BCP	0,005	%/°C	B
Fator de segurança para estabilidade das medidas	0,053	%	B

O objetivo de automatizar a estimativa da incerteza da medição consiste em reduzir o trabalho repetitivo e o tempo para a realização dos cálculos envolvidos. Com isso, o REPEM determina a incerteza da medição a partir do acionamento de dois aplicativos: o arquivo que contém os resultados da calibração (Apêndice B), nomeado pelo ID do MEE e com extensão PRN, e o arquivo “analise_calibracao.xls” (Apêndice C), desenvolvido em MS Excel, que contém, de forma sistematizada, as fórmulas para a estimativa da incerteza da medição. A Tabela 8 apresenta parcialmente a planilha “analise_calibracao.xls”, e o Apêndice B contém e um exemplo de sua aplicação.

Tabela 8. Planilha para a estimativa do valor de incerteza da medição

PONTO DE CALIBRAÇÃO 1									
MEDIÇÃO DE ENERGIA ATIVA E REATIVA									
Registro de temperatura ao início das medições (°C):						Classe do MEE:		Número de casas de leitura:	
Registro de temperatura ao final das medições (°C):						Número de leituras:			
Descrição das fontes de contribuição (U _i)	± Valor	Distribuição de Probabilidade	Divisor	Incerteza padronizada		Coefficiente de sensibilidade	Incerteza padronizada combinada	U _i ² /V _i	Graus de liberdade (V _i)
U ₀	Desvio padrão das medições do MEE sob teste	—	—	—	—	—	—	—	—
U ₁	Resolução da banca de calibração padrão (BCP)	0,010 %	Retangular	1,73	0,0058 %	1 %	0,0058 %	1E-18	infinito
U ₂	Critério de aprovação para a BCP	0,200 %	Retangular	1,73	0,1155 %	1 %	0,1155 %	2E-13	infinito
U ₃	Especificação de trabalho da BCP	0,106 %	Retangular	1,73	0,0612 %	1 %	0,0612 %	1E-14	infinito
U ₄	Coefficiente de variação de temperatura da BCP	0,005 %/°C	Retangular	1,73	0,0029 %/°C	0 °C	0,0000 %	7E-20	infinito
U ₅	Fator de segurança para estabilidade das medidas	0,053 %	Retangular	1,73	0,0306 %	1 %	0,0306 %	9E-16	infinito
Incerteza combinada (U _c):							0,13 %		1690559093
Para um nível de confiança de 95,45%, (k=2,0), a incerteza expandida (U) é de:							0,27 %		Infinito

As informações utilizadas na estimativa da incerteza são a temperatura inicial, a temperatura final, a classe do MEE, o número de leituras e o valor das leituras realizadas. Por ser considerada uma fonte de contribuição de incerteza, a variação de temperatura durante as medições deve ser registrada para cada MEE calibrado. Neste caso, a unidade de medida referente à contribuição do coeficiente de variação de temperatura da banca de calibração

padrão (U_4) é $\%/^{\circ}\text{C}$. Esta unidade é diferente das demais unidades das contribuições que compõem o quadro de fontes de incertezas, o que impossibilita simplesmente somar todas as contribuições de incerteza para compor apenas um valor. Deve-se, então, transformá-la na mesma unidade do mensurando, os coeficientes de sensibilidade, que são a taxa de variação entre a grandeza de entrada e a grandeza de saída do mensurando.

Assim, o produto entre o coeficiente de sensibilidade e o valor bruto de uma contribuição de incerteza resulta em um valor de incerteza padronizado, pois equivale a um desvio padrão de uma distribuição de probabilidade normal e está na mesma unidade do mensurando. Cita-se, por exemplo, a calibração de um MEE em que se verifica uma variação de temperatura de 5°C . Essa variação de temperatura, para um coeficiente de sensibilidade de $0,005\%/^{\circ}\text{C}$, equivale a uma incerteza padronizada da ordem de $\pm 0,025\%$ (Equação 6)

$$U_c = \left(\frac{0,005\%}{^{\circ}\text{C}} \right) \cdot (5^{\circ}\text{C}) = 0,025\% \quad \text{Equação 6}$$

Combinados os valores das incertezas tipo A e tipo B, devidamente convertidos para a mesma unidade de medição do mensurando, tem-se, para um desvio padrão da distribuição de probabilidade normal, um nível de confiabilidade de 68% associado ao resultado de medição. Objetivando-se um maior nível de confiabilidade declarado para os resultados da medição, multiplica-se o valor de incerteza combinada por um fator k , que é determinado segundo os graus de liberdade associados à medição realizada e que atribuirá um novo nível de confiabilidade à incerteza da medição declarada, equivalente a 95,45% (2 desvios padrão da curva normal). Obtém-se, dessa forma, o valor da incerteza expandida de medição.

Com a automação desenvolvida, o valor final da incerteza expandida é determinado pelo REPEM, que possui rotinas automatizadas de acordo com a estimativa da incerteza de medição proposta. Este procedimento é aplicado para cada ponto de calibração de cada MEE, para avaliação dos resultados das medições, sendo gerado um arquivo que é armazenado em um diretório denominado “Cálculos de Incerteza da Medição”, com o nome “Resultado da Verificação Metrológica do Medidor - ID do MEE - Número da Revisão.xls”.

4.2.3 *Avaliação dos resultados*

Cada resultado de uma medição é representado por um valor médio de erro, associado a uma dispersão, devido à repetitividade das medições. A partir dos valores estimados para o

erro sistemático e para o erro aleatório de uma medição, determinou-se o valor de erro total dos MEEs periciados. Isso foi realizado de forma usual, considerando-se como a maior contribuição o maior valor, de acordo com a Equação 7.

$$E_T = \sqrt{E_S^2 + E_A^2}$$

Equação 7

Onde:

- E_T = erro total
- E_S = erro sistemático
- E_A = erro aleatório

Dessa forma, para fins de aprovação dos resultados de uma calibração, assume-se a comparação direta entre o valor do erro total e a classe de exatidão de um MEE. Nos casos em que a incerteza de medição apresenta um valor muito alto, se comparado ao erro sistemático médio, procede-se a um teste de estabilidade das medições, que deve indicar ou não que a calibração do MEE deve ser reavaliada ou, até mesmo, realizada novamente.

Para fins de cálculos e de aprovação efetiva dos resultados, esse processo é realizado automaticamente pelo REPEM, a partir da planilha “analise_calibracao.xls”, de forma similar à sistemática adotada para determinação da incerteza da medição, em que a identificação do MEE a ser verificado é realizada com base nas informações contidas no cabeçalho do arquivo do resultado da calibração (ID do MEE.PRN). A lógica implementada na planilha “analise_calibracao.xls”, utilizada como ferramenta pelo REPEM (Apêndice A), atende às seguintes definições:

- (i) Caso o valor da classe de exatidão do MEE não tenha sido informado, é exibida ao usuário a seguinte mensagem: “O valor da classe de exatidão do medidor de energia elétrica não foi informado”.
- (ii) Caso as leituras realizadas para um ponto de calibração apresentem-se instáveis é exibida ao usuário a seguinte mensagem: “Resultados com alta instabilidade. Calibrar o medidor de energia elétrica novamente”.
- (iii) Caso o valor do erro total do MEE seja menor que o valor de sua classe de exatidão, é exibida ao usuário a seguinte mensagem: “O resultado do ponto de calibração n foi aprovado de acordo com a classe de exatidão do medidor de energia elétrica”.

(iv) Caso o valor do erro total do MEE seja maior que o valor de sua classe de exatidão, é exibida ao usuário a seguinte mensagem: “O resultado do ponto de calibração n foi reprovado de acordo com a classe de exatidão do medidor de energia elétrica”.

O valor referente ao ponto de calibração n é obtido a partir de um apontamento realizado internamente pelo REPEM na planilha “analise_calibracao.xls”. Esse apontamento é realizado a partir da tela de resultados do REPEM exemplificada no Apêndice A deste trabalho. Todas as mensagens exibidas ao usuário, sendo pertinentes à situação apresentada pelo MEE sob análise, são relatadas na montagem final do relatório de perícia. Caso haja alguma mensagem indesejada, deve-se inspecionar o motivo das divergências apresentadas e corrigi-las previamente à montagem do relatório. Independentemente da aprovação ou não do MEE, com base em seus resultados de medição, deve-se realizar a sua inspeção técnica funcional a fim de detectar a conformidade de sua operação ou as razões que justificam o contrário, subsidiadas na descrição da presença de irregularidades técnicas que caracterizem fraudes.

4.3 PADRONIZAÇÃO DAS IRREGULARIDADES

A estruturação em formato de níveis que se ramificam conforme o nível de detalhamento de uma irregularidade foi realizada a partir da aplicação da pesquisa qualitativa com grupos de estudo compostos por especialistas em medição de energia. Foram verificadas amostras de nove MEEs conforme descreve a Tabela 9.

Tabela 9. Descrição das amostras de MEEs verificados pelos grupos de estudo

AMOSTRA DE MEE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fabricante:	Landis Gyr	ABB	GE	ABB	ABB	GE	GE	Aprel	FAE
Número de série:	3441667-8	2773950-8	1418507	2803428-2	2331668	1819864	4948279	2147798	1492555
Sistema de medição:	Trifásico	Bifásico	Monofásico	Trifásico	Bifásico	Monofásico	Trifásico	Bifásico	Monofásico

Para verificação das amostras da Tabela 9, foram formados três grupos, cada um deles composto por um engenheiro de uma concessionária de energia elétrica, um perito, um consultor técnico e um especialista em condicionamento de MEE. De acordo com as informações da Figura 23, os grupos encontraram irregularidades similares, tendo-as descrito de diferentes formas. Embora algumas descrições tenham sido realizadas com uma nomenclatura obsoleta, e outras, com jargões técnicos de uso cotidiano, sem a consideração de formalidades técnicas, a conclusão de todo o grupo convergiu para um consenso. A

verificação dos lacres não foi considerada nesta pesquisa, pois seu objetivo foi a padronização de termos utilizados para a descrição de irregularidades nos MEE. A Figura 24 apresenta o resultado de irregularidades que foram padronizadas pelos especialistas envolvidos na pesquisa.

AMOSTRA DE MEE	GRUPO	DESCRIÇÃO DAS IRREGULARIDADES ENCONTRADAS		
1	1	Disco de medição em contato com a estrutura do medidor Parafusos com marcas de manipulação		
	2	Disco com riscos		
	3	Suspensão superior aumentando o atrito com o disco		
2	1	Disco em atrito com a estrutura Parafusos do mancal superior com marca de manipulação		
		Parte interior do disco atritando com partes internas Parafuso do mancal superior com marcas		
	3	Medidor recuperado em 10/3 Suspensão inferior deslocada Elemento móvel trancando no conjunto de freio		
		3	1	Disco desalinhado
			2	Placa de identificação com marcas Placa de identificação com os parafusos frouxos Parte inferior do disco com marcas de atrito Mancal inferior com vestígios de manipulação
3	Sinais de atrito na parte inferior do elemento móvel Sinais de retirada do registrador			
4	1			Vidro removido, com marca de chamuscamento em sua face interna Placa de identificação com cantos deformados Bobina de potencial N-C com circuito aberto. Prováveis danos de descarga atmosférica
			2	Provável descarga atmosférica e avaria da bobina de potencial do terceiro elemento Tampa do medidor solta em virtude da avaria
		3		Bobina de potencial fase T interrompida Tampa do medidor foi retirada
		5	1	Fases N-A em aberto Fases N-B em aberto Uma ponte de potencial com terminal rompido.
	2			Bobina do segundo elemento cortada
	3			Fio do potencial de corrente para a placa de ligação rompido
6	1	Não constatou-se irregularidades no medidor		
	2	Dispositivo na lateral direita do medidor com vestígios de manipulação, que dificilmente alterariam o registro de energia		
	3	Parafuso de ajuste da carga nominal muito desregulado para o negativo		
7	1	Observada sujeira no interior do medidor		
	2	MEE aparentemente bom		
	3	Nada encontrado		
8	1	Ponte de pontencial aberta Proteção da ponte de potencial danificada		
		2	Elo de pontencial externo aberto	
	3	Rompida a proteção da ponte de potencial externa Ponte de pontencial aberta impede o registro de energia		
		9	1	Parafuso de regulagem da altura do mancal danificado Disco atritando com a estrutura do medidor Disco deslocado para cima
2	Mancais lavantados Marcas de atrito na parte superior do disco			
	3			Manipulação no disco

Figura 23. Resultado da pesquisa qualitativa aplicada aos grupos de estudo

AMOSTRA DE MEE	GRUPO	CONSENSO DE RESULTADOS E PADRONIZAÇÃO DE TERMOS
1	1,2 e 3	Elemento móvel (disco): raspando no entreferro
		Mancal superior: parafuso de fixação com sinais de manipulação.
		Elemento móvel (disco): verificados riscos em sua superfície.
2	1,2 e 3	Elemento móvel (disco): raspando no entreferro
		Mancal superior: parafuso de fixação com sinais de manipulação.
		Placa de indentificação: possui uma indicação de que o medidor foi submetido a um recondicionamento ou manutenção técnica.
		Mancal inferior: parafuso de fixação com sinais de manipulação.
3	1,2 e 3	Elemento móvel (disco): raspando no entreferro na posição do imã de ajuste geral.
		Placa de indentificação: parafusos de fixação com sinais de manipulação.
		Placa de indentificação: solta.
		Elemento móvel (disco): verificados riscos em sua superfície.
		Mancal superior: verificados sinais de manipulação.
4	1,2 e 3	Registrador: verificados sinais de manipulação.
		Tampa do medidor: verificados sinais de manipulação.
		Tampa do medidor: parcialmente presa.
		Placa de indentificação: com parafusos de fixação com sinais de manipulação.
		Bobina de corrente: com circuito de medição aberto (Fase C).
5	1,2 e 3	Bobina de tensão: com sinais de sobrecarga.
		Bobina de tensão: com circuito de medição aberto (Fase B).
6	1,2 e 3	Dispositivo de ajuste de carga nominal: cursionado em um de seus limites.
7	1,2 e 3	Verificados objetos estranhos no interior do medidor (sujeira).
8	1,2 e 3	Bobina de tensão: com circuito de medição aberto (Fase A).
		Bobina de tensão: com circuito de medição aberto (Fase B).
9	1,2 e 3	Terminal de prova: aberto (Potencial fase A).
		Terminal de prova: parafuso de fixação ausente.
		Elemento móvel (disco): verificados riscos em sua superfície.
		Mancal superior: parafuso de fixação com sinais de manipulação.

Figura 24. Padronização dos resultados da pesquisa qualitativa

Um dos resultados indicados pelos grupos de estudo com especialistas, conforme indica a Figura 24, foi a viabilidade de cadastrar-se as irregularidades pesquisadas estruturando-as em formato de níveis hierárquicos no banco de dados do REPEM. O resultando disso foi a interface de trabalho vinculada ao REPEM, que é indicada pela Figura 25. Neste caso, além dos três níveis primários que indicam a localização dos componentes de um MEE, adicionou-se um nível referente a uma verificação geral do MEE. Isso foi necessário, pois excepcionalmente para algumas das amostras verificadas, o MEE apresentou-se em conformidade de funcionamento.

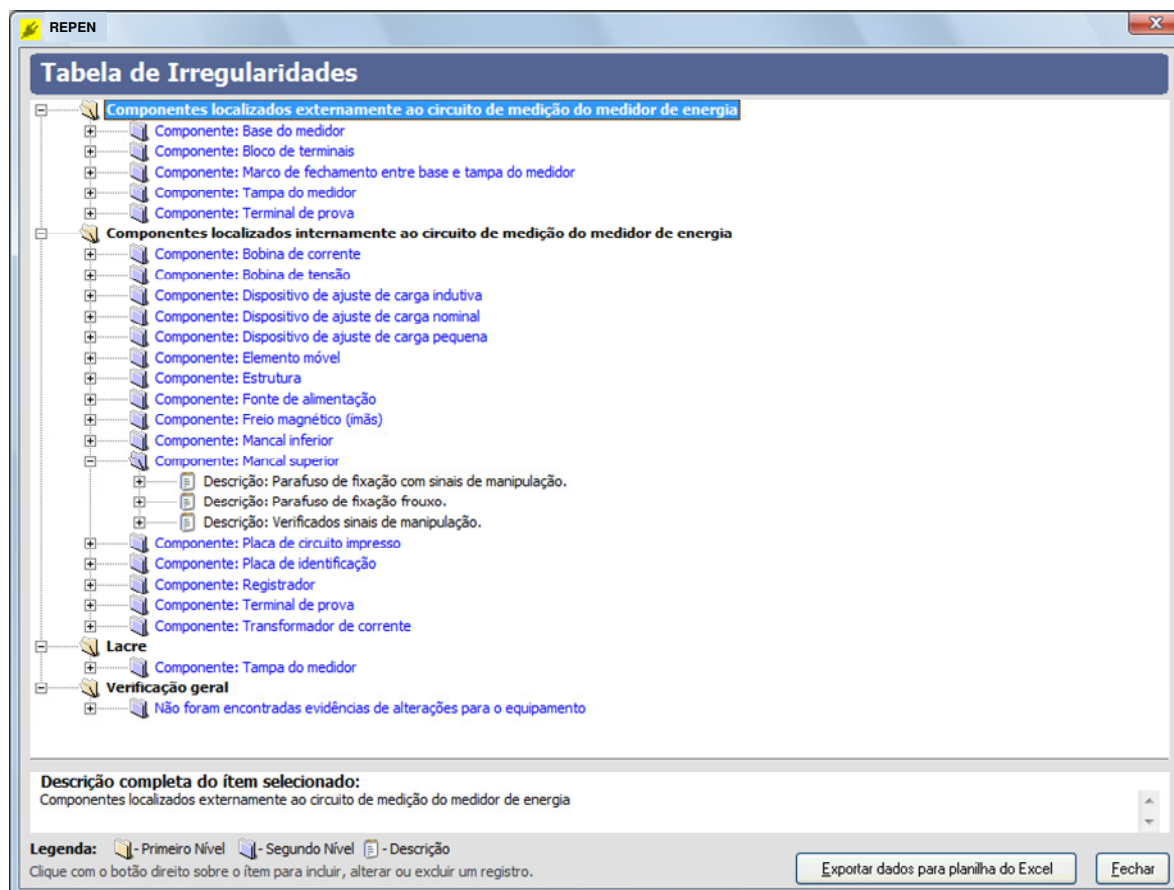


Figura 25. Imagem parcial da estrutura de seleção de irregularidades do banco de dados

Para os quatro níveis primários em que se dividem as irregularidades, padronizou-se 137 tipos diferentes de irregularidades. Além das irregularidades pesquisadas, padronizadas e cadastradas no banco de dados do REPEM, um fator relevante detectado durante a verificação das amostras trabalhadas refere-se aos MEEs reconicionados para serem reaproveitados para uso. Este fato é considerado relevante devido a todo o histórico envolvido no processo de manutenção aplicado aos MEEs para reconicioná-los de uma avaria, que considera a reutilização de componentes para a referida manutenção. A reutilização de componentes justifica-se não somente pelos custos envolvidos, mas também pela disponibilidade de peças compatíveis com os MEE comercializados a longo e a médio prazo.

Neste processo de reutilização de peças ou de componentes dos MEEs é possível que haja peças avariadas sendo reconicionadas com base em sua operação normal, mas com sua integridade visual comprometida. Por exemplo, o elemento móvel de um MEE que foi manipulado com o objetivo de girar com maior atrito, indicando um consumo menor de energia que o efetivamente consumido, deve apresentar riscos na sua superfície. Este componente, mesmo tendo sido consertado e adaptado ao MEE que está sendo reconicionado, tem a sua reutilização sem a remoção dos referidos riscos de atrito.

Desde dezembro de 2007, entrando em vigor a Portaria do INMETRO número 431, para os casos em que os MEEs são submetidos a um recondicionamento deve ser afixada pela empresa que realiza o serviço uma etiqueta de identificação. Esta etiqueta em geral consiste na letra R de recondicionamento, devendo ser afixada na placa de identificação do MEE.

Em um processo de perícia técnica aplicado a este MEE, por exemplo, os riscos na superfície do referido elemento móvel devem ser identificados como uma situação irregular, que em geral é causada pela alteração do circuito de medição em que o referido componente se encontra. Objetivando-se desvincular o processo de verificação da conformidade de MEE, quando vinculado a MEE reconicionados, adotou-se a padronização da Tabela 10, também em níveis, de forma similar à sistemática adotada para as irregularidades.

Tabela 10. Identificação utilizada para MEEs reconicionados

Localização do componente	Componente	Descrição
Componentes localizados internamente ao circuito de medição do medidor de energia	Placa de identificação	Verificou-se que o medidor possui em sua placa de identificação uma indicação de ter sido submetido a uma recuperação ou manutenção técnica.
Complemento:		
A referida indicação de que o medidor foi reconicionado consiste em uma etiqueta com uma letra "R" impressa, associada a uma data ou a um ano. A ação de reconicionamento de medidores de energia, prevendo a realização de ensaios de conformidade para atestar o correto estado de funcionamento do medidor pós-reparos, atualmente deve seguir as recomendações da Portaria INMETRO número 88 de 06 de abril de 2006.		

O processo de perícia aplicado aos MEEs reconicionados e para os MEEs que não foram reconicionados mantém a mesma sistemática de reconhecimento de irregularidades. A única diferença consiste na descrição de evidências que indicam que um MEE foi submetido a um processo de reconicionamento. Com isso, além de situações que caracterizam exclusivamente irregularidades nos MEEs, adotou-se a descrição de fatos que ilustrem o seu atual estado de funcionamento. Este procedimento foi adotado, objetivando-se fortalecer a isenção do órgão avaliador em um processo que envolva a discussão de partes, utilizando-se o subsídio de um relatório pericial. Por fim, a identificação de irregularidades em MEEs reconicionados não é comprometida, pois a sistematização adotada permanece na sustentação dos fatos verificados evidenciando-se o erro de medição, a descrição das irregularidades padronizadas e suas respectivas as imagens registradas.

4.4 RELATÓRIOS PERICIAIS

Nesta etapa do REPEM, a manipulação de dados envolve a concatenação de resultados, procedendo-se a montagem efetiva de relatórios periciais. O Apêndice A exemplifica a tela do REPEM destinada à montagem do relatório pericial. Destaca-se nesse caso, a necessidade de seleção dos responsáveis pelos relatórios, e o acionamento do botão “Gravar Relatório”. O conteúdo dos relatórios periciais emitidos pelo REPEM atende a uma padronização que unifica informações referentes aos registros cadastrais, aos resultados das medições e às conclusões vinculadas a aprovação metrológica e a inspeção técnica funcional de cada MEE. A Figura 26 apresenta uma síntese deste processo, focando a montagem do relatório pericial.

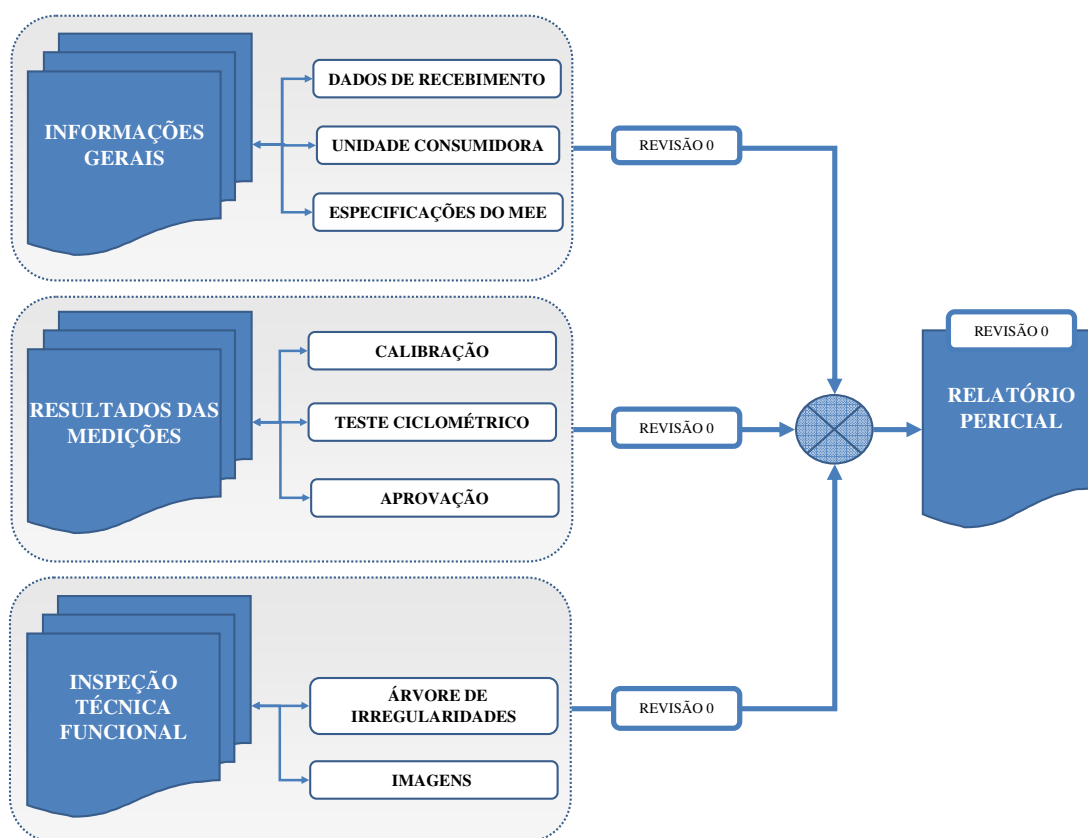


Figura 26. Processos sistematizados para montagem de relatório pericial

De acordo com a Figura 26, os relatórios periciais atendem a mesma formatação, sendo inicialmente exibidas as informações gerais do MEE referentes ao recebimento, à unidade consumidora que o utilizava às suas especificações, e à relação de documentos utilizados como referência. A Figura 27 representa essa parte de um relatório que foi elaborado para atender a perícia técnica aplicada a um MEE fabricado pelo FAE e de modelo

MF-33K. Este MEE será utilizado como exemplo para as demais aplicações do modelo de relatório desenvolvido.



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
LabeLO - Laboratórios Especializados em Eletroeletrônica
Calibração e Ensaio

ANÁLISE METROLÓGICA

1. Identificação do Solicitante e Unidade Consumidora

1.1 Dados do Solicitante

Nome:
Endereço:

1.2 Dados da Unidade Consumidora

Número:

2. Identificação da Unidade Sob Teste

2.1 Informações do medidor na inspeção de recebimento

Concessionária:	
Fabricante:	FAE
Modelo:	MF-33K
Ano de Fabricação:	1978
Número de Série de Fabricação:	175i
Tipo de Registrador:	Eletromecânico
Leitura da indicação do registrador de energia	20754
Sistema de medição:	Monofásico (1 Elemento)
Constantes do Medidor:	Kd 2,50 Wh (ativa)
Classe:	2,00 %
Corrente Nominal:	10 A
Corrente Máxima:	50 A
Tensão Nominal:	220 V
Observações:	O medidor foi recebido em um invólucro plástico lacrado n° 029435. Para devolução, o medidor foi acondicionado em invólucro plástico lacrado, com lacre n° 0991277.

3. Documentos aplicáveis

ABNT ISO/IEC 17025:2005 - Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.
 Portaria Inmetro n.º 88, de 06 de abril de 2006.
 Resolução ANEEL n.º 456, de 29 de novembro de 2000.

Página 1 de 15

Av. Ipiranga n° 6681, Prédio 30 Bloco 3, Sala 200 - Partenon - CEP 90619-900 - Porto Alegre-RS - Brasil
 Telefone: (51) 3320 3551 - Fax: (51) 3320 3901 - CP 1429 - labelo@pucrs.br - www.pucrs.br/labelo

Figura 27. Representação das informações gerais de um relatório pericial

A etapa referente aos **resultados das medições** tem sua formatação apresentada no relatório conforme indica a Figura 28 onde declara-se a rastreabilidade dos padrões utilizados como referência para a calibração realizada. Neste caso, informa-se além do certificado de calibração de cada padrão, a sua respectiva validade. São adotados dois equipamentos padrões, um que consiste na banca de calibração padrão e outro para medição das condições ambientais em que as medidas foram realizadas. A variação de temperatura e de umidade relativa do ar é registrada durante as medições, servindo como complemento de informações ao usuário. Este fato foi justificado para esclarecer possíveis questionamentos quanto à

utilização na prática dos MEEs verificados, e objetivando-se o controle de parâmetros externos que podem influenciar a medição de energia.



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
LabeLO - Laboratórios Especializados em Eletroeletrônica
Calibração e Ensaios

ANÁLISE METROLÓGICA

4. Rastreabilidade dos padrões utilizados

Banca de calibração de medidores de energia elétrica - Fabricante: ELO - Modelo: ECDI - Certificado de calibração nº E1593/2007 do LabeLO - Válido até 12/2008
Registrador de temperatura e umidade - Fabricante: Novus - Modelo: Log Box - Certificado de calibração nº T1676/2007 do LabeLO - Válido até 09/2008

5. Verificação Metrológica

5.1 Resultado das medições

Medição Monofásica

Ponto de Calibração	Tensão Aplicada à UST (V)	Corrente Aplicada à UST (A)	Defasagem do ângulo de carga	Erro Relativo		k	Constante do Medidor sob Teste	Frequência	Energia
				MM UMP (%)	± IM (%)				
1	220	10,00	cos φ: 1,000 res	-20,51	2,0	3,31	2,5 Wh	60 Hz	Ativa
2	220	10,00	cos φ: 0,500 ind	-31,04	1,4	3,31	2,5 Wh	60 Hz	Ativa
3	220	1,00	cos φ: 1,000 res	-100,00	0,27	2,00	2,5 Wh	60 Hz	Ativa

Observações:

- MM - Resultado obtido da média aritmética das medidas na unidade de medição correspondente.
- UMP - Unidade de medição padrão.
- IM - A incerteza expandida relatada é baseada em uma incerteza padronizada combinada multiplicada pelos fatores de abrangência "k" informados nas tabelas, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Teste ciclométrico: Reprovado

Registro de energia (kWh): Ao início: 20755 Ao final: 20758

Valor de energia contabilizada: Registro de Energia Referência (kWh) 4,9

6. Condições ambientais registradas durante a verificação metrológica

Temperatura mínima: 20 °C

Temperatura máxima: 26 °C

Umidade relativa mínima: 50 %

Umidade relativa máxima: 60 %

7. Análise realizada

- Análise técnica para comprovação do medidor de energia elétrica em relação as suas características originais de fabricação e que foram alvo do processo de homologação do medidor no Inmetro.
- Verificação metrológica para análise da classe de exatidão do medidor.

Página 2 de 15

Av. Ipiranga nº 6681, Prédio 30 Bloco 3, Sala 200 - Partenon - CEP 90619-900 - Porto Alegre-RS - Brasil
Telefone: (51) 3320 3551 - Fax: (51) 3320 3901 - CP 1429 - labeLO@puCRS.br - www.puCRS.br/labeLO

Figura 28. Verificação metrológica de um MEE em um relatório pericial

Além das informações referentes à calibração, de acordo com as informações da Figura 28, também é apresentado no relatório o resultado da verificação do registrador ciclométrico do MEE. Este resultado consiste na comparação direta entre um valor de energia gerado pela banca de calibração padrão, e o valor contabilizado pelo registrador ciclométrico do MEE. Os resultados de medição para o registrador são aprovados, caso atendam as seguintes especificações:

(i) a variação de energia registrada pelo registrador ciclométrico é igual à quantidade de energia gerada pela banca de calibração padrão. O limite de tolerância para esta aprovação depende da construção de cada registrador analisado, permitindo-se o desvio de um dígito de resolução entre os valores comparados.

(ii) a variação de energia registrada pelo registrador ciclométrico é igual à quantidade de energia gerada do padrão, contabilizando-se para isso o valor do erro total de medição ocasionado por irregularidade em outro componente do MEE e sendo este valor estimado pelo processo de calibração do MEE. Para ilustrar este caso, suponha-se um MEE com um valor de erro total médio igual a -50%. Para este tipo de situação, e considerando-se um valor de energia de referência de 1kWh. O resultado seria de aprovação para um valor indicado pelo registrador equivalente a 0,5kWh.

Considerando-se a mesma lógica adotada para aprovação do teste realizado nos registradores ciclométricos de MEE com base nos resultados de calibração tem-se os casos em que o MEE apresenta-se totalmente inoperante, não contabilizando o consumo de energia. Neste caso, fica impossibilitada a realização do teste por comparação do registro efetivo de energia consumida. Para contorno deste tipo de situação, o processo adotado consiste no teste manual do registrador, verificando-se a partir das suas especificações de fabricação, se a relação de suas engrenagens confere com o número de giros para um registro de um determinado valor de energia. O teste manual é realizado na etapa de inspeção técnica funcional, sendo declarado no relatório como indisponível o teste ciclométrico por meio de comparação com um padrão de energia.

O item referente às **conclusões** exibidas nos relatórios divide-se em dois grupos: às conclusões acerca dos resultados de aprovação dos erros de medição do MEE (Figura 28) e às conclusões referentes à inspeção técnica funcional (Figura 30), realizada a partir das informações das irregularidades padronizadas. O objetivo de tais conclusões é auxiliar os usuários, bem como as pessoas leigas envolvidas em um processo judicial. Este auxílio é dado com a facilitação da interpretação de termos técnicos, por meio de textos com análise objetivas. Para exemplificar este processo, observam-se os resultados de calibração exibidos na tabela da Figura 28. Todas as informações declaradas nesta tabela são de relevância para rastreabilidade das medições que foram realizadas.

No entanto, o que efetivamente retorna ao usuário uma percepção sobre o comportamento do erro de medição do MEE são os resultados declarados para o erro relativo do MEE. Este valor é obtido a partir da média aritmética das medidas na unidade de medição correspondente para a unidade de medida padrão, associado a um valor de incerteza da medição. O papel da conclusão vinculada à interpretação de tais resultados consiste em descrever, para cada ponto de calibração, a sua aprovação ou não, com base em critérios definidos em normas do INMETRO para medição de energia. Este processo é realizado a partir da seguinte frase padronizada, e adotada para todos os diferentes pontos calibrados: “O resultado do ponto de calibração n foi *aprovado ou reprovado* de acordo com a classe de exatidão do medidor de energia elétrica, apresentando um erro médio de $x\%$, associado a uma incerteza de medição de $\pm y\%$.”. A Figura 28 apresenta a aplicação desta padronização, com três conclusões que são vinculadas aos resultados dos três pontos de calibração exibidos na tabela da Figura 28.

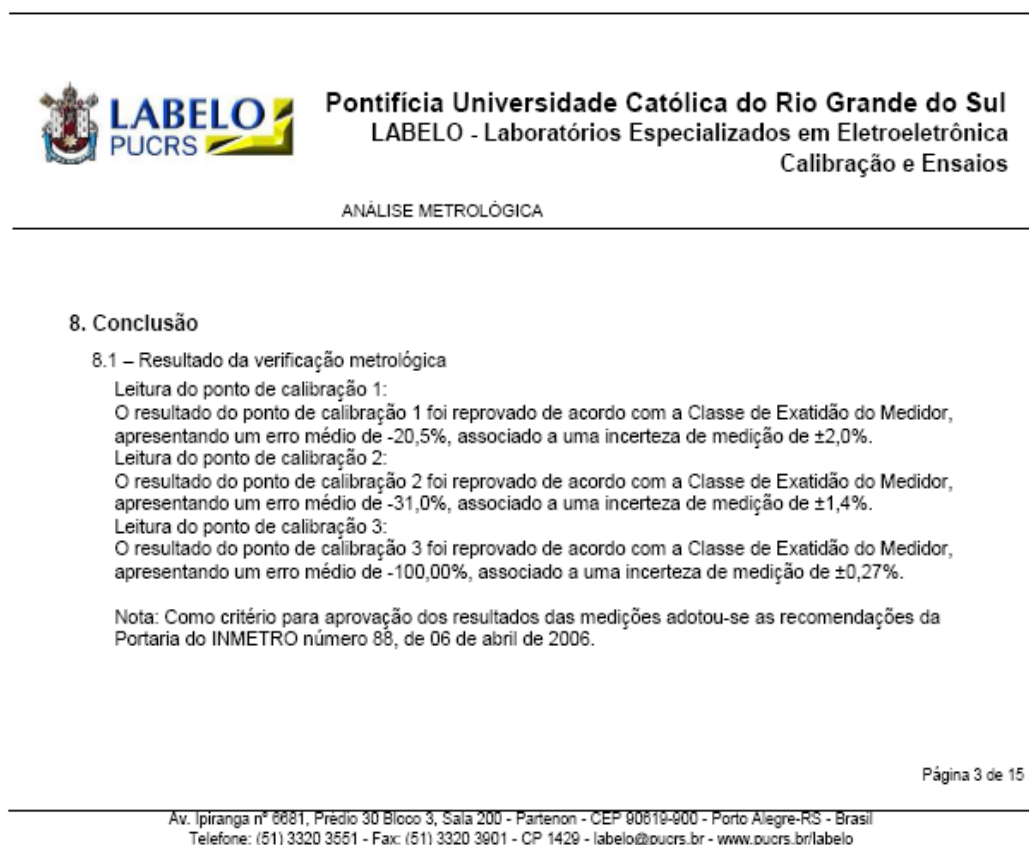


Figura 29. Conclusão referente aos resultados das verificações metrológicas

As conclusões referentes à inspeção técnica funcional, representadas pela Figura 30, consistem na declaração do estado verificado para o MEE. De forma padronizada, este processo é realizado a partir da relação de irregularidades cadastradas no banco de dados do

REPEM, que ao serem selecionadas durante a inspeção do MEE são registradas para exibição no relatório. Cada irregularidade é tratada isoladamente, sendo sua seleção independente e sendo que cada uma delas apresenta um relato de seu componente, sua localização no MEE, sua descrição, e seu texto complementar.



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
LabeLO - Laboratórios Especializados em Eletroeletrônica
Calibração e Ensaios

ANÁLISE METROLÓGICA

8.2 – Resultado da análise técnica

- 01) Componentes localizados externamente ao circuito de medição do medidor de energia
Componente: Tampa do medidor
Descrição: Parafuso de fixação com sinais de manipulação.
Complemento: Tal fato pode possibilitar acesso às partes internas do medidor de energia elétrica, podendo ocasionar a interrupção ou a alteração da contabilização de energia do circuito de medição.
- 02) Componentes localizados internamente ao circuito de medição do medidor de energia
Componente: Elemento móvel
Descrição: Elemento móvel (disco) raspando no entreferro.
Complemento: Tal fato pode ocasionar a alteração da contabilização de energia do circuito de medição.
- 03) Componentes localizados internamente ao circuito de medição do medidor de energia
Componente: Elemento móvel
Descrição: Verificados riscos em sua superfície.
Complemento: Tal fato pode ocasionar a alteração da contabilização de energia do circuito de medição.
- 04) Componentes localizados internamente ao circuito de medição do medidor de energia
Componente: Mancal inferior
Descrição: Parafuso de fixação com sinais de manipulação.
Complemento: Tal fato pode ocasionar a alteração da contabilização de energia do circuito de medição.
- 05) Componentes localizados internamente ao circuito de medição do medidor de energia
Componente: Mancal inferior
Descrição: Verificados sinais de manipulação.
Complemento: Tal fato pode ocasionar a alteração da contabilização de energia do circuito de medição.
- 06) Componentes localizados internamente ao circuito de medição do medidor de energia
Componente: Mancal superior
Descrição: Parafuso de fixação com sinais de manipulação.
Complemento: Tal fato pode ocasionar a alteração da contabilização de energia do circuito de medição.
- 07) Componentes localizados internamente ao circuito de medição do medidor de energia
Componente: Mancal superior
Descrição: Verificados sinais de manipulação.
Complemento: Tal fato pode ocasionar a alteração da contabilização de energia do circuito de medição.
- 08) Componentes localizados internamente ao circuito de medição do medidor de energia
Componente: Registrador
Descrição: Parafuso de fixação com sinais de manipulação.
Complemento: Tal fato pode ocasionar a alteração da contabilização de energia do circuito de medição.

Página 4 de 15

Figura 30. Conclusão do relatório pericial referente à inspeção técnica funcional

Para cada relatório pericial, o texto complementar, associado a uma irregularidade, contempla a informação com maior impacto aos usuários, com relação ao entendimento das suas conseqüências para o processo de contabilização do consumo de energia. Os textos complementares padronizados para a descrição das irregularidades consistem em:

- (i) Tal fato possibilita acesso às partes internas do medidor de energia elétrica, podendo ocasionar a alteração da contabilização de energia do circuito de medição.
- (ii) Tal fato pode ocasionar a alteração da contabilização de energia do circuito de medição.
- (iii) Tal fato pode ocasionar a alteração ou a interrupção da contabilização de energia do circuito de medição. Para fins de verificação metrológica a referida ligação adicional foi retirada do medidor de energia elétrica.
- (iv) Tal fato ocasiona a alteração ou a interrupção da contabilização de energia do circuito de medição.

A referida indicação de que o medidor de energia elétrica foi recondicionado consiste em uma etiqueta com uma letra "R" impressa, associada a uma data ou ano. A ação de recondicionar medidores de energia elétrica, prevendo a realização de ensaios de conformidade para atestar o correto estado de funcionamento do medidor pós-reparos, atualmente deve seguir as recomendações da Portaria INMETRO número 88 de 06 de abril de 2006. O fato de proceder-se aos referidos reparos pode ocasionar a alteração dos componentes originais do medidor de energia elétrica sem prejudicar as suas características metrológicas.

Por fim, para subsidiar os fatos relatados, são incluídas as imagens do MEE. Tais imagens consistem na fotografia de todas as vistas do MEE, a fotografia do estado do invólucro verificado em seu recebimento, bem como as fotografias das situações que comprometam a conformidade de operação do MEE. Neste contexto, em geral, cada imagem registrada corresponde ao indício ou irregularidade verificada. A Figura 31 apresenta exemplo de duas imagens exibidas no relatório, sendo elas: o elemento móvel com riscos em sua superfície e o elemento móvel raspando no entreferro do MEE. Para cada imagem é exibida uma legenda, bem como setas que apontam detalhadamente para as irregularidades verificadas.

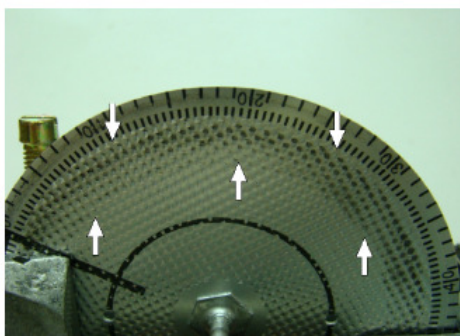


Figura 19 - Elemento móvel com riscos em sua superfície

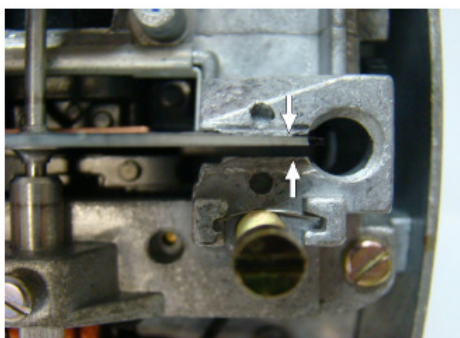


Figura 20 - Elemento móvel raspando no entreferro

Figura 31. Representação parcial das imagens exibidas em um relatório pericial

Para controle de rastreabilidade de informações, o REPEM reporta relatórios de atividades e de alterações, para cada *login* de usuário e para os computadores utilizados. Com isso tem-se um controle de alterações dos relatórios emitidos pelo REPEM, associando informações do *login* de cada usuário para quaisquer ações tomadas que impliquem na alteração de informações armazenadas. Este procedimento, além de ser relevante para o estabelecimento de rastreabilidade de informações, objetiva reforçar a isenção do processo de perícia técnica. A referida isenção estaria relacionada à clareza do processo em possibilitar a consulta do histórico de ações tomadas. De acordo com a Figura 26, a alteração de qualquer item no processo, implica na alteração da sua revisão, o que automaticamente altera a revisão

final do relatório pericial, que deve corresponder à última versão substituindo e invalidando as versões anteriores.

O modelo de relatório pericial apresenta informações decorrentes de registros cadastrais e de resultados de medições e de inspeção técnica funcional, podendo constituir-se por casos que caracterizem ou não a presença de fraudes em MEEs. Para validação do REPEM foram emitidos 225 relatórios periciais, que serviram como indicadores para viabilidade da sistemática adotada. Os 225 MEEs periciados foram fornecidos por concessionárias distribuidoras de energia elétrica. Como resultados associados à verificação desses e dos demais MEEs periciados tem-se a quantidade de citações das irregularidades padronizadas e uma estimativa para a capacidade produtiva do REPEM.

5 RESULTADOS

O resultado principal desta pesquisa é o REPEM, que sistematiza o gerenciamento de informações referentes ao reconhecimento de irregularidades técnicas de um MEE. Derivam do REPEM outros importantes resultados vinculados à verificação de MEEs: (i) a padronização do processo de registros cadastrais, (ii) a automação das medições referentes às verificações metrológicas e (iii) a padronização das atividades envolvidas na inspeção técnica.

A padronização do processo referente aos registros cadastrais possibilitou o conhecimento e o controle sobre seu tempo de processamento. Com a automação da verificação metrológica, foram obtidos ganhos no processo relacionados à confiabilidade dos resultados e aos subsídios técnicos que auxiliam no embasamento da conformidade de operação de um MEE. Quanto ao processo de padronização das irregularidades possíveis de serem realizadas em MEEs, além da harmonização dos termos técnicos, obteve-se a redução da subjetividade na descrição dos fatos verificados.

A partir da padronização e do conhecimento dos processos envolvidos nas atividades de perícia técnica em MEEs, salvo casos excepcionais, foi possível estimar o tempo demandado por cada atividade desenvolvida, o que possibilitou, também, avaliar a capacidade da produção de relatórios periciais para a estrutura instalada. Com um número significativo de relatórios periciais produzidos e a partir das características dos MEEs periciados, obteve-se, também, um mapeamento das fraudes realizadas. Esse mapeamento foi realizado sob a forma de mineração de dados aplicada ao índice de perdas não técnicas armazenadas no banco de dados do REPEM.

O conhecimento acerca das perdas não técnicas ocasionadas por MEE fraudados pode ser utilizado como indicador para ações preventivas a serem tomadas a fim de se evitar que futuras fraudes sejam realizadas. Embora seja possível a realização desse tipo de ação preventiva, por não constituir objetivo deste trabalho, ela não foi realizada.

O conjunto amostral verificado pelo REPEM é composto por 570 MEEs, dentre os quais 225 amostras foram destinadas à validação do sistema, enquanto as demais foram destinadas à produção de relatórios periciais após tal validação. Como caracterização do conjunto amostral, há MEEs fabricados no período de 1960 até 2008, instalados em consumidores do tipo rural, residencial, comercial e industrial. A Figura 32 apresenta a

distribuição dos MEEs segundo seus respectivos anos de fabricação. Os dados dessa figura indicam uma concentração maior de MEEs fabricados no período de 1996 a 2005. Infere-se, com isso, que foram verificadas amostras de recente período de fabricação. Do período de 1960 a 1968, em relação ao total de MEEs do conjunto amostral, foram verificadas poucas amostras.

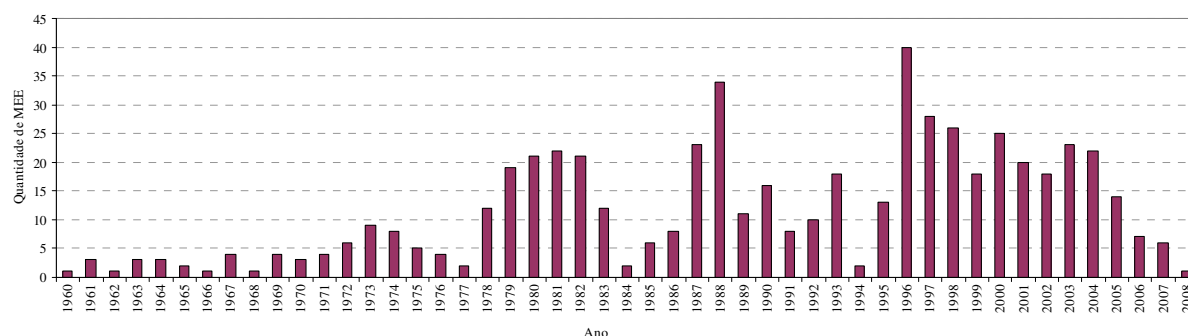


Figura 32. Ano de fabricação das amostras de MEEs trabalhadas

De forma similar à caracterização das amostras verificadas quanto ao período de sua fabricação, a Figura 33 apresenta a classificação dos MEEs em relação a seu sistema de medição – monofásico, bifásico ou trifásico. Neste caso, verifica-se o predomínio de MEEs destinados à medição monofásica, com 68% das amostras. Em geral, MEEs monofásicos são utilizados por consumidores residenciais.

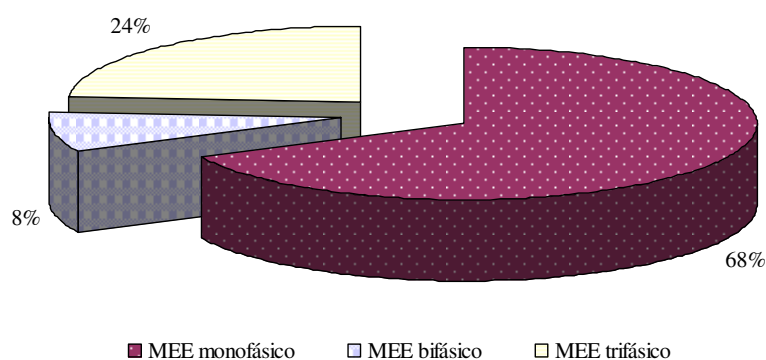


Figura 33. Sistema de medição dos MEEs

A Figura 34 apresenta informações complementares à caracterização do conjunto de amostras de MEEs verificados, especificamente quanto ao tipo de consumidores que os utilizavam. A maioria dos MEEs periciados encontrava-se instalada para contabilizar o consumo de energia de consumidores residenciais.

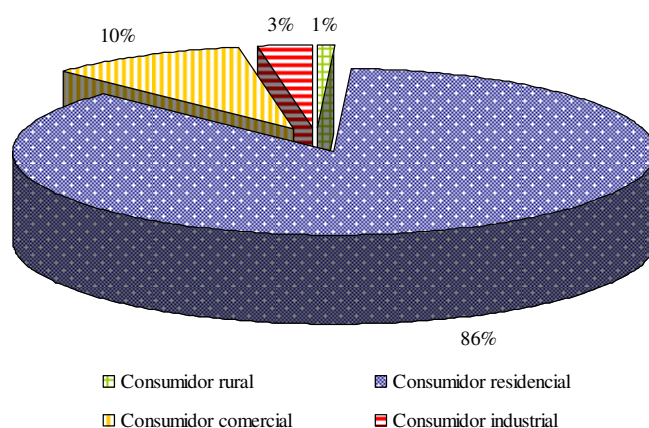


Figura 34. Alocação dos MEEs por tipo de consumidores

Assim, quanto à caracterização geral do conjunto de amostras trabalhadas, foram verificados, em sua maioria, MEEs fabricados entre os anos de 1960 e 2008, instalados monofasicamente para contabilização do consumo de energia de consumidores residenciais. Para esse conjunto de amostras, foram emitidos relatórios periciais, tendo-se uma estimativa dos tipos de irregularidades mais realizadas e de suas respectivas perdas não técnicas. Tais resultados foram viabilizados pela existência do banco de dados hierarquicamente padronizado do REPEM para identificação de irregularidades e pelas estimativas de perdas associadas a cada tipo de irregularidade por meio dos resultados das verificações metrológicas.

A Tabela 11 relaciona o valor percentual do total de irregularidades armazenadas no banco de dados do REPEM, voltado especificamente aos lacres instalados na tampa do MEE. Embora sejam utilizados lacres também na tampa do bloco de terminais de um MEE, optou-se por não as contabilizar, pois, ao se retirar um MEE instalado em uma unidade consumidora, o lacre da tampa do seu bloco de terminais é manipulado.

Tabela 11. Quantificação dos tipos de irregularidades padronizadas para os lacres

Localização do componente	Componente	Descrição da irregularidade	Quantidade de citações	Percentual do total de citações
Lacre	Tampa do medidor	Lacre ausente	156	27%
		Lacre violado	169	30%

De acordo com as informações da Tabela 11 para as amostras verificadas, constata-se que 325 MEEs apresentaram lacres violados ou ausentes. Dos 325 MEEs, 30% das irregularidades consistiram na violação do lacre, e 27%, na sua ausência. Para os demais MEEs, não foi possível estabelecer uma conclusão sobre o estado do lacre. Em relação a esses

demais casos, o relatório pericial emitido apresentou as imagens dos lacres. Objetivou-se, com isso, possibilitar a discussão dos fatos, não abordando uma descrição conclusiva sobre possíveis lacres falsificados. A violação ou a ausência dos lacres de um MEE é um forte indicativo das intenções de uma ação voltada a fraudá-lo. Isso justifica o alto percentual de lacres violados ou ausentes encontrado para os MEEs periciados.

5.1 ÍNDICE DE IRREGULARIDADES PESQUISADAS

Os relatórios periciais emitidos pelo REPEM são todos armazenados em seu banco de dados, com a possibilidade de mineração dos dados. As ferramentas de mineração de dados objetivam a busca de padrões escondidos, e a extração de informações que são utilizadas para tomar decisões críticas de negócios (LEITE, 2008). Segundo a padronização das irregularidades e os resultados das medições, decorrentes da referida mineração de dados, há estimativas que possibilitam um conhecimento sobre os tipos de fraudes realizadas em um MEE, as quais podem ser quantificadas da seguinte forma:

- a) número de ocorrência de irregularidades associadas aos componentes de um MEE,
- b) número de ocorrência de irregularidades associadas aos modelos de fabricação de MEEs,
- c) tipos de consumidores associados à irregularidade mais realizada,
- d) percentual médio de perdas associadas aos tipos de irregularidades,
- e) mapeamento da região geográfica onde são realizados os diferentes tipos de irregularidades.

A Tabela 12 apresenta o resultado de uma pesquisa aplicada aos dados armazenados no banco de dados do REPEM com o objetivo de exibir os níveis primários e os secundários da hierarquia de informações padronizadas referentes a irregularidades de MEEs. A informação referente à quantidade de citações presente nas tabelas indica quantas vezes, para os 570 MEEs verificados, determinado componente foi associado a uma irregularidade. Os valores percentuais indicam o total da quantidade de citações de um componente em relação a todas as irregularidades armazenadas no banco de dados. Nota-se que há a citação de um componente denominado de verificação geral. Isso se aplica aos MEEs sem evidências de irregularidades.

Tabela 12. Quantificação das irregularidades padronizadas para os componentes do MEE

Localização do componente	Componente	Quantidade de citações	Percentual
Lacre	Tampa do medidor	432	17,59%
Componentes localizados externamente ao circuito de medição do medidor de energia	Base do medidor	1	0,04%
	Estrutura	7	0,29%
	Terminal de prova	29	1,18%
	Marco de fechamento entre a base e a tampa do medidor	35	1,43%
	Bloco de terminais	54	2,20%
	Tampa do medidor	229	9,32%
Componentes localizados internamente ao circuito de medição do medidor de energia	Fonte de alimentação	1	0,04%
	Transformador de corrente	1	0,04%
	Bobina de corrente	2	0,08%
	Placa de circuito impresso	2	0,08%
	Dispositivo de ajuste de carga indutiva	4	0,16%
	Estrutura	7	0,29%
	Dispositivo de ajuste de carga nominal	11	0,45%
	Dispositivo de ajuste de carga pequena	18	0,73%
	Bobina de tensão	20	0,81%
	Placa de identificação	35	1,43%
	Freio magnético (ímãs)	39	1,59%
	Terminal de prova	71	2,89%
	Registrador	123	5,01%
	Mancal superior	349	14,21%
Mancal inferior	367	14,94%	
	Elemento móvel	619	25,20%
Total		2456	100,00%

De acordo com as informações da Tabela 12, as citações que envolvem o lacre da tampa do MEE e os seus componentes – o elemento móvel, o mancal inferior, o mancal superior e a tampa do MEE – lideram o número de citações de irregularidades armazenadas no banco de dados do REPEM. A partir das informações da Tabela 12, obteve-se a representação gráfica da Figura 35, que permite uma comparação entre o número de citações de componentes localizados externa e internamente ao circuito de medição do MEE.

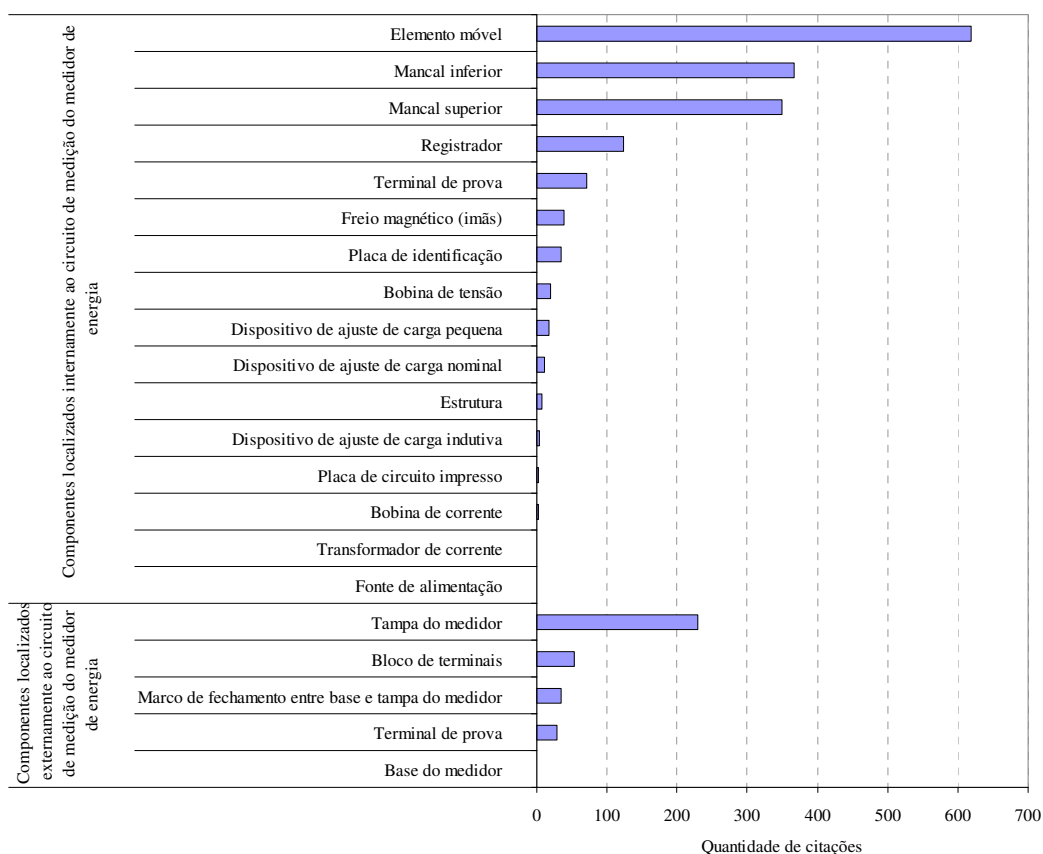


Figura 35. Representação gráfica das citações de irregularidades por componente

Para acessar os componentes localizados internamente ao circuito de medição do MEE, além da violação dos seus lacres, a tampa do MEE deve ser removida. Com a remoção da tampa do MEE, que constitui um componente localizado externamente ao circuito de medição do MEE, uma forma de alteração do funcionamento do elemento móvel verificada para o conjunto amostral é a manipulação de seus mancais, o inferior ou o superior. Com isso, e de acordo com os dados da Figura 35, verifica-se que há correlação de informações entre um conjunto de irregularidades e a caracterização de uma fraude realizada em um MEE.

Quanto aos relatórios periciais emitidos, o elemento móvel liderou a quantidade de irregularidades verificadas, totalizando 619 citações, ou 25% do total de irregularidades armazenadas no banco de dados do REPEM. A Figura 36 apresenta, parcialmente, a relação de irregularidades padronizadas, com destaque ao componente elemento móvel.



Figura 36. Representação parcial das irregularidades para o elemento móvel

Segundo as informações da Figura 36, todos os tipos de irregularidades padronizadas na pesquisa qualitativa com grupos de especialistas em medição de energia foram citadas para o conjunto de amostras verificadas. Para um total de 11 irregularidades padronizadas, foram utilizadas citações de todas elas nos relatórios periciais emitidos. A Tabela 13 quantifica as citações de irregularidades específicas para o elemento móvel, comparadas ao total de irregularidades armazenadas no banco de dados do REPEM.

Tabela 13. Quantificação das irregularidades verificadas para o elemento móvel

Localização do componente	Componente	Descrição da irregularidade	Quantidade de citações	Percentual
Componentes localizados internamente ao circuito de medição do medidor de energia	Elemento móvel	Elemento móvel (disco) raspando em objeto estranho ao medidor	1	0,04%
		Elemento móvel (eixo) quebrado	1	0,04%
		Elemento móvel (eixo) desacoplado do mancal superior	2	0,08%
		Elemento móvel (eixo) desacoplado do mancal inferior	3	0,12%
		Elemento móvel (disco) raspando na placa de identificação do medidor	4	0,16%
		Elemento móvel (disco) empenado (amassado)	6	0,24%
		Elemento móvel (disco) raspando no entreferro	33	1,34%
		Elemento móvel (disco) travado	37	1,51%
		Elemento móvel (disco) sem folga para movimentação em sentido vertical	117	4,77%
		Elemento móvel (disco) raspando no entreferro na posição do ímã de ajuste geral	137	5,58%
		Verificados riscos em sua superfície	278	11,33%
Total			619	25,2%

A Figura 37 representa, graficamente, os dados da Tabela 13, indicando que, para o elemento móvel, as irregularidades referentes à verificação de riscos em sua superfície e ao

seu funcionamento irregular raspando em outro componente foram as mais encontradas. Analisadas em conjunto, essas duas irregularidades caracterizam um tipo de fraude, uma vez que a verificação de riscos é ocasionada pelo fato de o elemento móvel raspar em outros componentes do MEE ou de estar sem folga. Por ocasião da medição de energia, esse componente não deve apresentar riscos em sua superfície, conforme a Figura 38, que ilustra o caso de um relatório pericial emitido para um MEE.

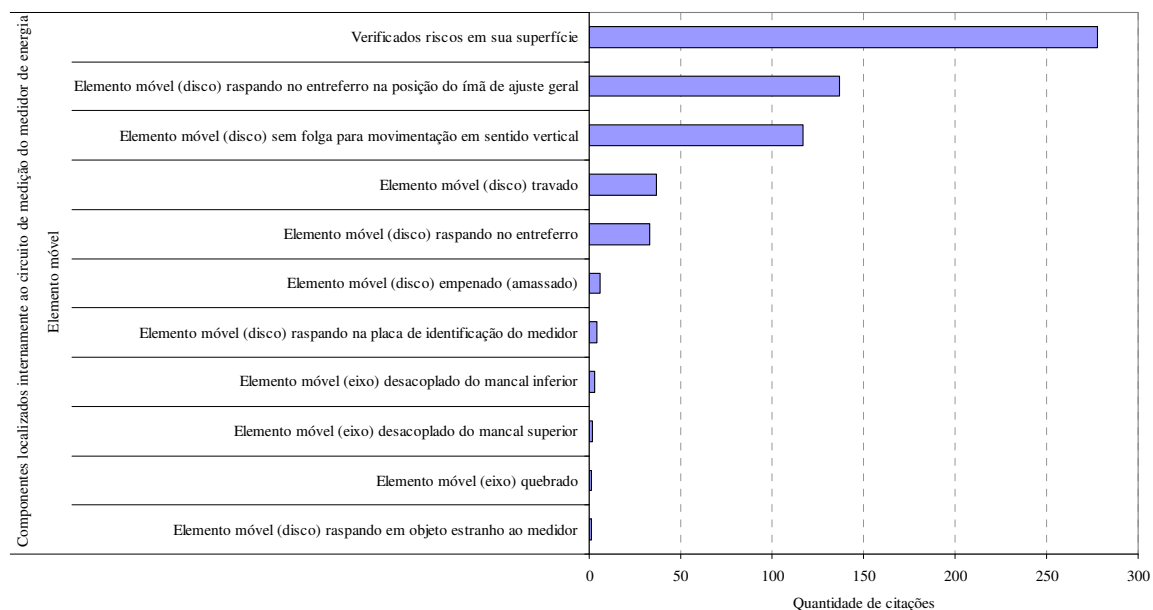


Figura 37. Citação de irregularidades verificadas para o elemento móvel

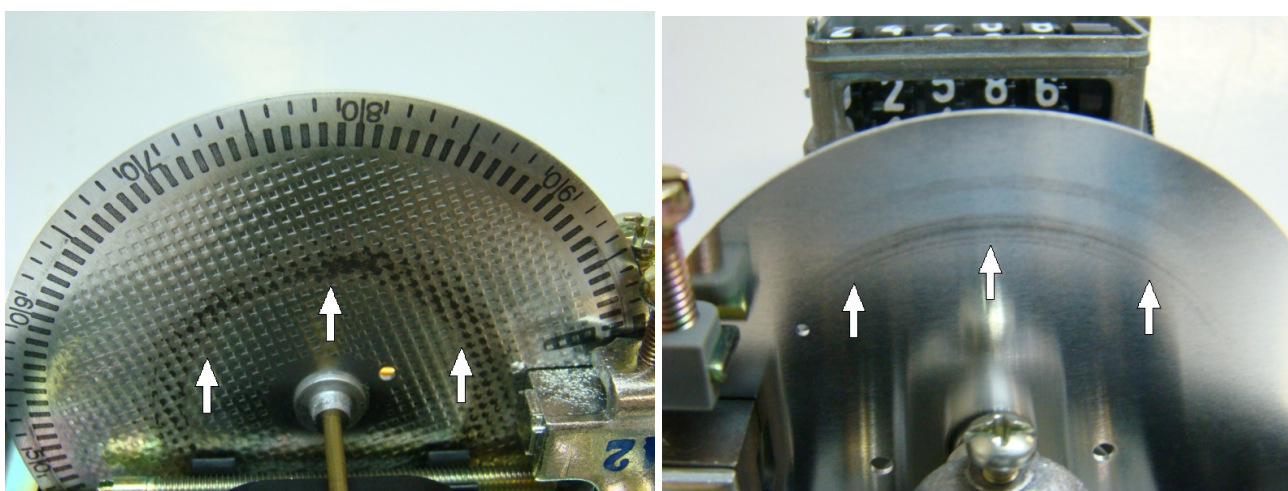


Figura 38. Elemento móvel com riscos em sua superfície

O elemento móvel estar (a) raspando, (b) sem folga ou (c) travado, implica a existência de riscos em sua superfície. O atrito entre os componentes, na maioria das vezes, ocasionou a diminuição da indicação do consumo de energia, conforme mostra a Figura 39.

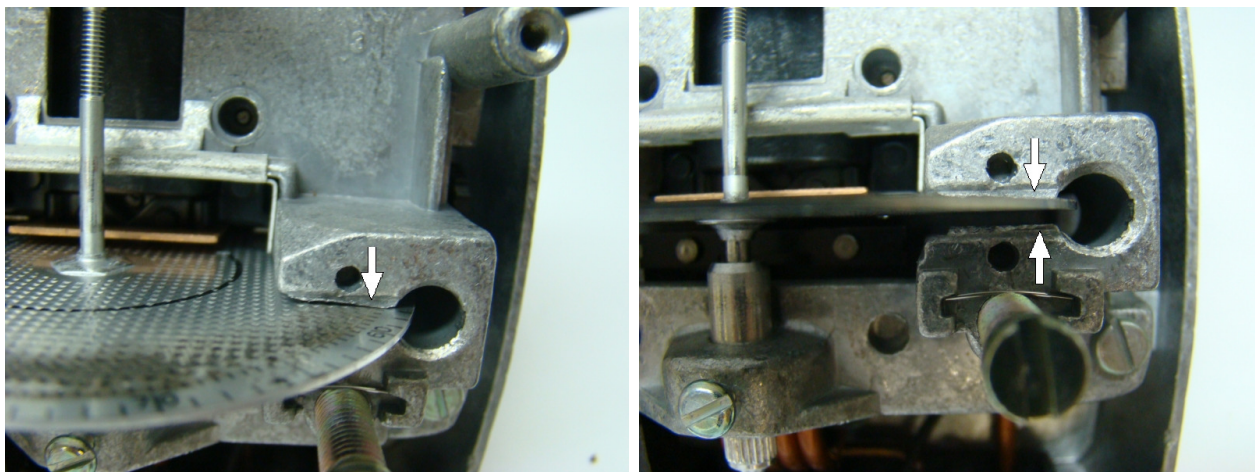


Figura 39. Elemento móvel irregularmente raspando no entreferro do MEE

Excepcionalmente para alguns relatórios emitidos, foram verificados elementos móveis com riscos em sua superfície, embora os MEEs estivessem trabalhando em conformidade de medição. Para esses casos, a irregularidade foi descrita isoladamente, pois alguns fraudadores com maior conhecimento em medição de energia realizam fraudes e as corrigem periodicamente, de acordo com a fiscalização das concessionárias distribuidoras de energia elétrica. Há, também, os casos dos MEEs que são reconicionados, com a reutilização de componentes, e os casos com resultados de insucesso para a tentativa de fraudar um MEE.

O insucesso na tentativa de fraudar um MEE refere-se às irregularidades encontradas que efetivamente não reduziram a contabilização do consumo de energia, e sim a aumentaram. Para alguns casos, a tentativa de alteração da magnetização do ímã presente no circuito do conjunto móvel, fez o elemento móvel girar sem atrito e por conseqüência em maior proporção do que a real energia consumida. Com isso, essas tentativas de fraude, implicaram perdas ao consumidor envolvido.

Além das irregularidades realizadas no elemento móvel e em seus mancais, outro tipo de irregularidade que apresentou um número expressivo de citações para os relatórios emitidos foi o registrador ciclométrico do MEE. A Figura 40 ilustra um dos casos verificados no conjunto de amostras trabalhadas: foram limados alguns dentes de uma das engrenagens mecânicas que compõem o registrador ciclométrico. Com isso, o valor de energia é contabilizado erroneamente, já que é medido apenas para uma parcela de consumo, ao mesmo tempo em que a medição não é totalmente interrompida, o que dificulta a inspeção das concessionárias distribuidoras de energia.

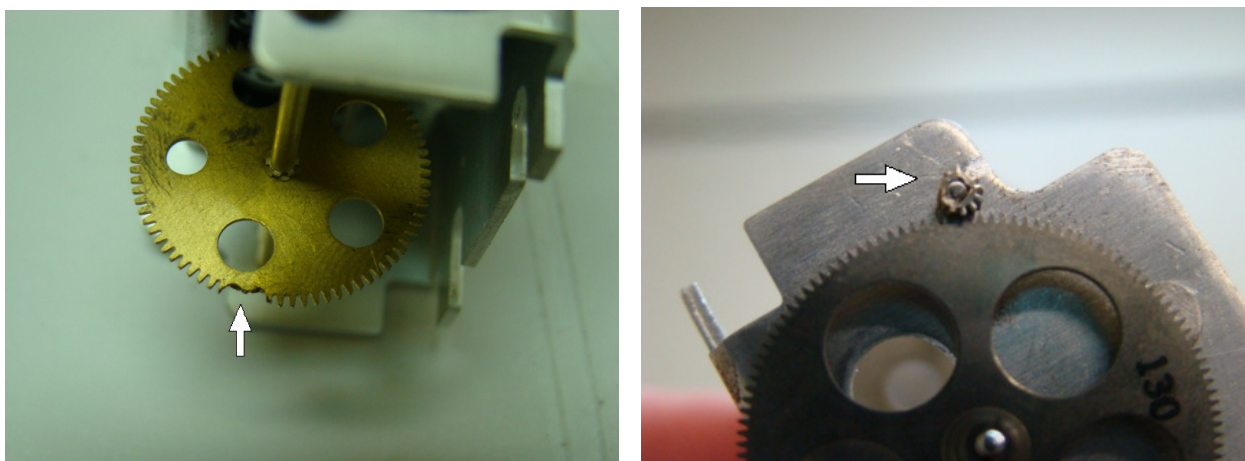


Figura 40. Registrador ciclométrico com engrenagem interna parcialmente limada

A Figura 41 apresenta, parcialmente, a relação de irregularidades padronizadas para o registrador ciclométrico. Ao total, foram padronizados 18 tipos de irregularidades possíveis de serem realizadas neste componente.

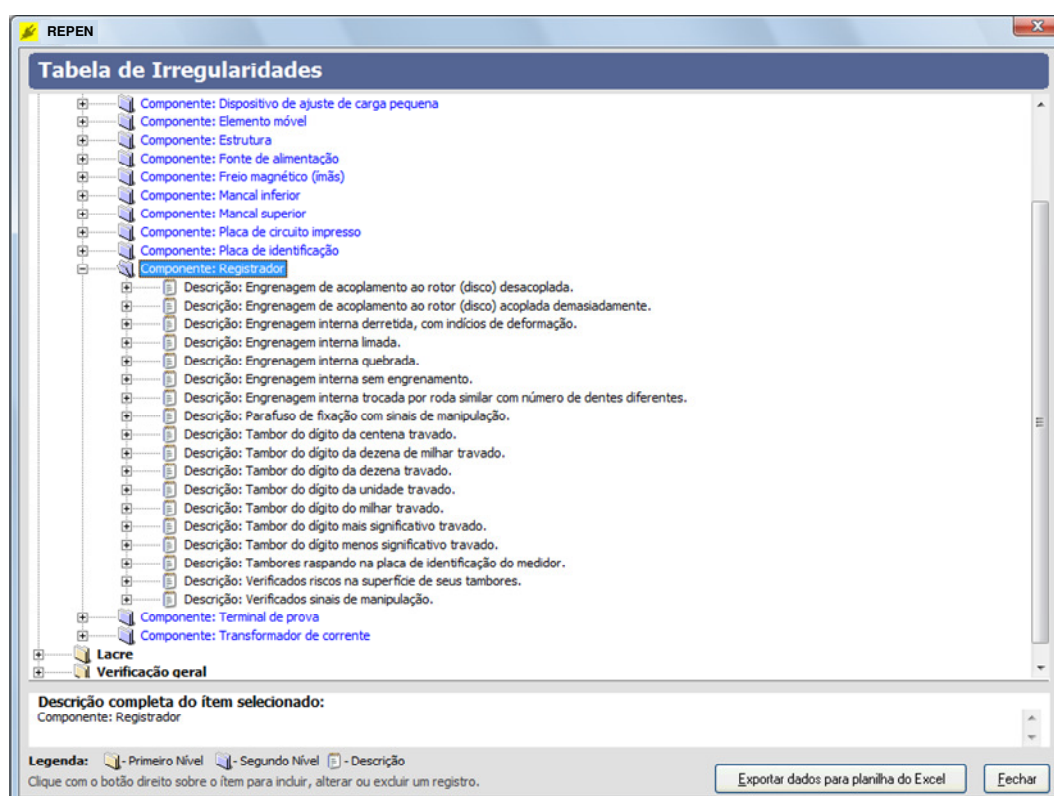


Figura 41. Irregularidades padronizadas para o registrador ciclométrico

As irregularidades apresentadas nos relatórios emitidos com o REPEN referentes ao registrador ciclométrico são representadas graficamente pela Figura 42. As manipulações feitas neste componente constituíram a fraude com maior nível de conhecimento do fraudador para sua execução.

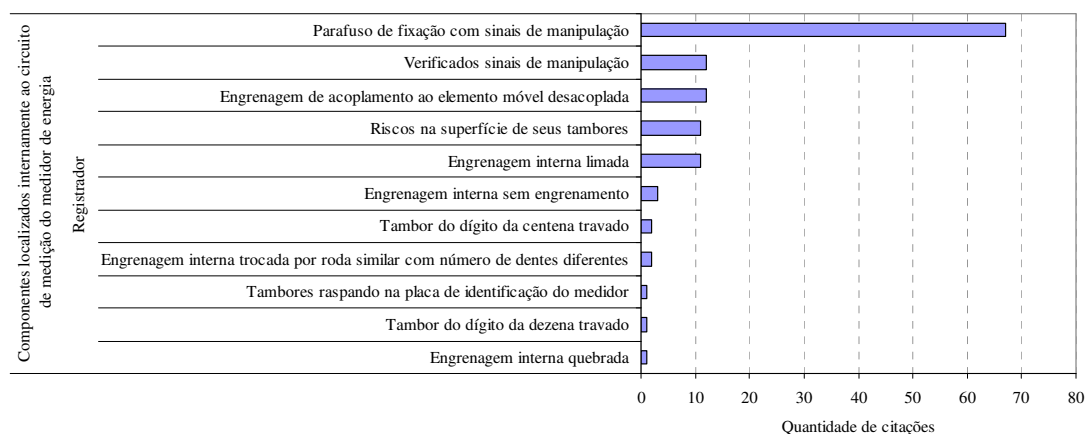


Figura 42. Citação de irregularidades realizadas no registrador ciclométrico

Entre as irregularidades específicas do registrador ciclométrico, a que envolve o seu desacoplamento ao elemento móvel merece destaque por implicar diretamente a não-contabilização dos valores registrados para o consumo de energia. A Figura 43 apresenta dois casos constatados nos MEEs verificados, em que as engrenagens do registrador ciclométrico apresentaram-se sem acoplamento ao eixo do elemento móvel. Assim, mesmo o elemento móvel girando, as engrenagens do registrador ciclométrico não são acionadas, acarretando a falta de registro do consumo.

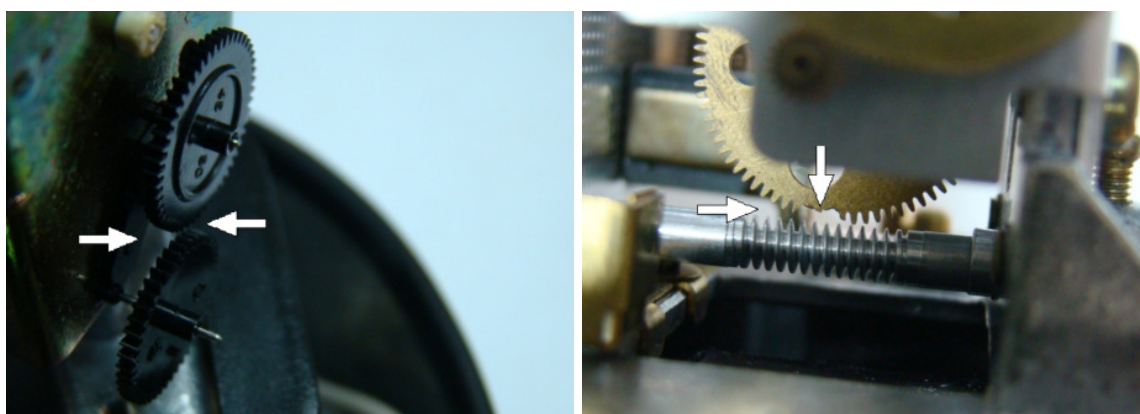


Figura 43. Registrador ciclométrico com engrenagem desacoplada ao elemento móvel

O mesmo processo de análise de dados utilizado para o grupo de componentes localizados internamente ao circuito de medição do MEE foi aplicado ao grupo de componentes localizados externamente ao circuito de medição do MEE. Neste caso, o componente com o maior número de citações foi a tampa do MEE, com a representatividade de 7,4% do total de irregularidades armazenadas no banco de dados do REPEM. A Figura 44 apresenta, parcialmente, a relação de irregularidades padronizadas, com destaque à tampa do MEE.

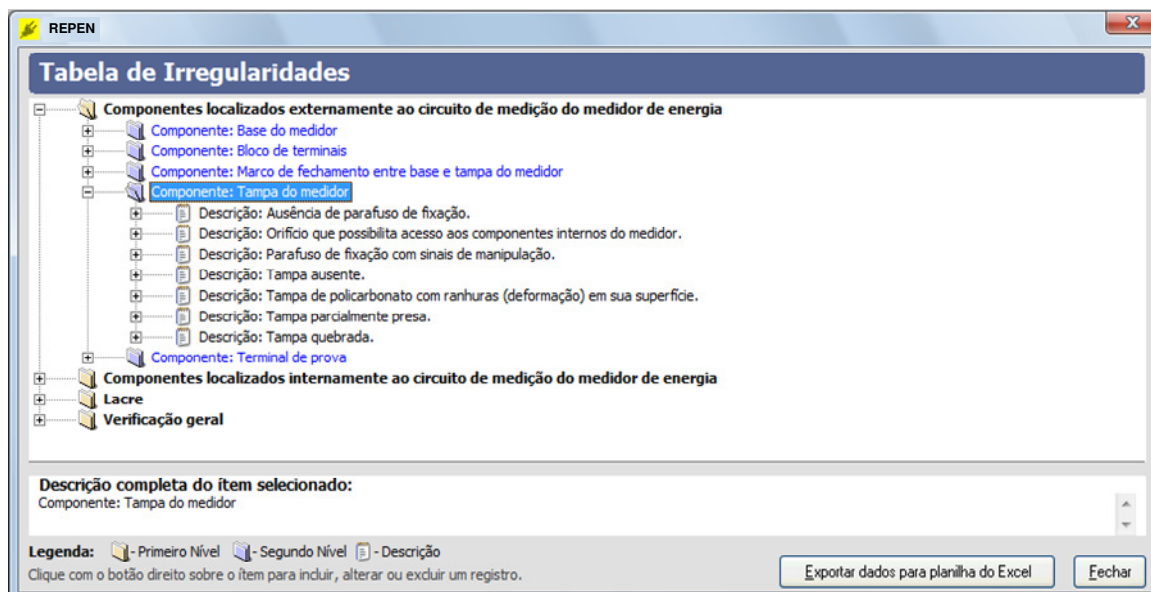


Figura 44. Representação parcial das irregularidades padronizadas para a tampa do MEE

De acordo com os resultados da pesquisa qualitativa realizada com os grupos de estudo com especialistas, para a tampa do MEE, foram padronizadas 7 irregularidades, das quais 6 tiveram citações para os MEEs periciados. A irregularidade que não foi citada refere-se à ausência da tampa do MEE. Tal situação configura um tipo de irregularidade detectada com facilidade na inspeção técnica das concessionárias distribuidoras de energia. Com isso, MEEs sem tampa não permanecem em utilização por um período de tempo expressivo a ponto de justificar perdas de energia. A Figura 45 representa graficamente a relação dos tipos de irregularidades verificadas para a tampa dos MEEs periciados.

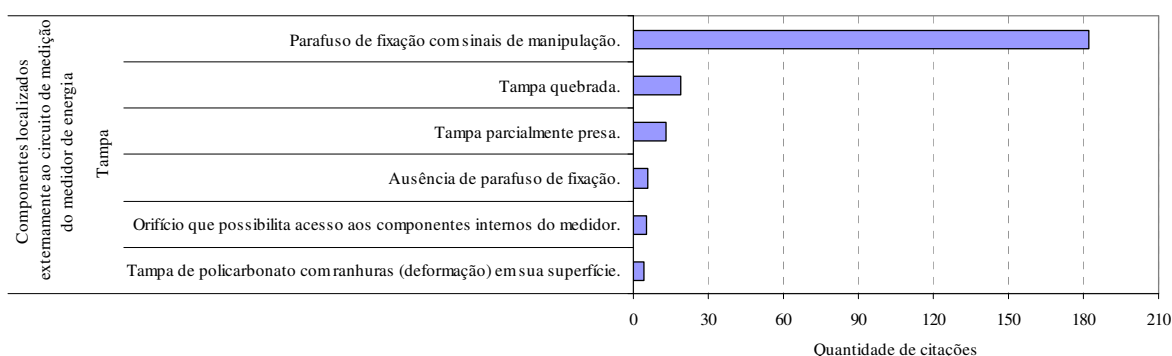


Figura 45. Citação de irregularidades verificadas para a tampa do MEE

O fato dos relatórios periciais serem emitidos e gerenciados por uma estrutura baseada em um banco de dados permite uma análise que associa os tipos de irregularidades e os modelos de MEEs. A partir do conhecimento dos tipos de irregularidades mais realizadas nos

MEEs e de uma amostra diversificada de tipos de MEEs, é possível estimar, também, os tipos de irregularidades associadas aos modelos de MEEs fabricados. O resultado disso pode ser utilizado pelos fabricantes e pelas concessionárias distribuidoras de energia elétrica como indicador de oportunidades de melhorias no sistema de medição.

Para o total de relatórios periciais emitidos e armazenados pelo REPEM, foram verificados 570 MEEs, para os quais se aplicou a análise que associa os tipos de irregularidades e os modelos de MEEs. Tal análise restringiu-se ao conjunto amostral trabalhado sem fazer referências à carga instalada de MEEs por concessionária distribuidora de energia elétrica. Para esse conjunto amostral de MEEs foram, então, classificados 65 tipos diferentes de modelos. Dos 65 modelos, os mais representativos, em termos de número de MEEs verificados, de acordo com a Figura 46, correspondem aos modelos de MEE T8L e F-72.

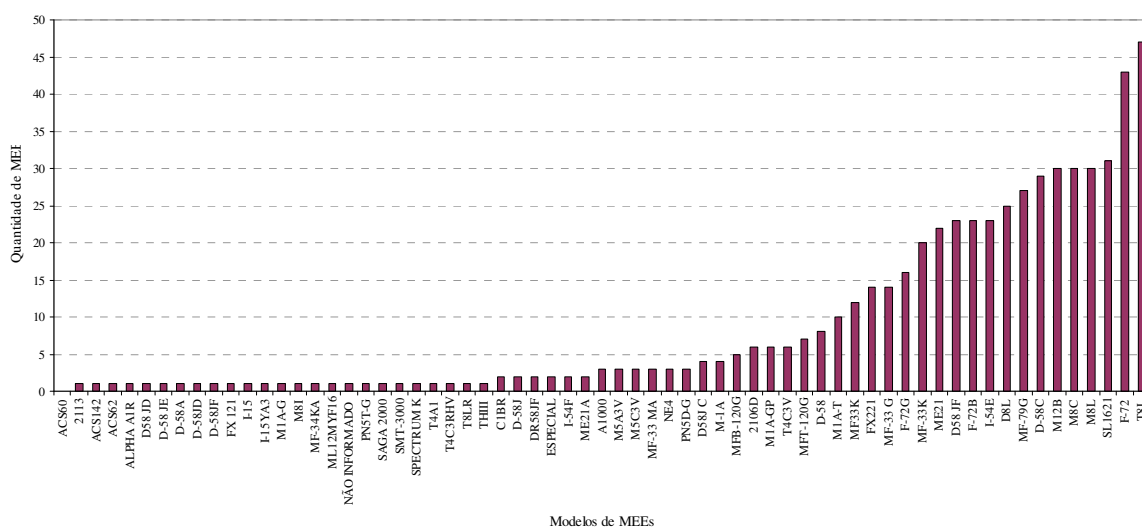


Figura 46. Modelos de MEE armazenados no banco de dados

Quanto ao modelo T8L, destinado à medição trifásica de energia, verificou-se que os consumidores que o utilizavam eram residenciais, comerciais, industriais e rurais. O modelo F-72 foi utilizado predominantemente por consumidores residenciais. O perfil do consumidor é uma informação relevante ao tipo de irregularidade praticada pelo fraudador, visto que envolve diretamente seus interesses econômicos. As citações de irregularidades que foram verificadas para os dois modelos são as indicadas pela Tabela 16.

Tabela 14. Quantificação de irregularidades para os modelos de MEE T8L e F-72

Localização do componente	Modelo de MEE	Componente	Quantidade de citações
Lacre	F-72	Tampa do medidor	144
	T8L	Tampa do medidor	51
Componentes localizados externamente ao circuito de medição do medidor de energia	T8L	Bloco de terminais	6
		Marco de fechamento entre base e tampa do medidor	9
		Terminal de prova	48
	F-72	Tampa do medidor	51
		Marco de fechamento entre base e tampa do medidor	3
		Bloco de terminais	12
		Terminal de prova	18
Componentes localizados internamente ao circuito de medição do medidor de energia	F-72	Tampa do medidor	144
		Estrutura	6
		Dispositivo de ajuste de carga nominal	9
		Placa de identificação	12
		Terminal de prova	18
		Registrador	30
		Mancal inferior	93
	Mancal superior	147	
	Elemento móvel	168	
	T8L	Freio magnético (ímãs)	3
		Bobina de tensão	9
		Placa de identificação	9
		Registrador	33
		Terminal de prova	48
Mancal inferior		66	
Mancal superior		96	
Elemento móvel	144		
Total de amostras avaliadas para o modelo F-72			43
Total de amostras avaliadas para o modelo T8L			47

Comparando-se as irregularidades mais realizadas no conjunto de amostras verificadas e nos modelos específicos de MEEs T8L e F-72, constatou-se que as irregularidades referentes ao elemento móvel e a seus mancais continuam sendo as mais realizadas. Em relação ao modelo F-72, verificou-se, também, que, após as irregularidades do elemento móvel e dos mancais, as mais realizadas concentraram-se no registrador ciclométrico. Quanto ao modelo T8L, outra irregularidade com representativas citações foi a alteração do seu terminal de prova. Dessa forma, comprova-se que irregularidades mais simples, como é o caso da alteração dos terminais de prova, são em geral implementadas por consumidores residenciais, já que sua execução não exige alta especialização. A alteração no registrador ciclométrico, por sua vez, requer um conhecimento maior do funcionamento do MEE,

configurando, portanto, um tipo de irregularidade cuja realização apresenta maior complexidade.

Nos relatórios periciais emitidos, um conjunto de irregularidades relatadas para um MEE caracteriza a realização de uma fraude com a intenção de furtar energia elétrica. O custo desse furto é repassado a todos os consumidores sob a forma de perdas não técnicas. Analisando-se os modelos de MEEs, seus erros de medição, o perfil de consumidores e os tipos de irregularidades praticadas para furtar energia, é possível estimar, também, os percentuais referentes às perdas não técnicas. Este tipo de análise também foi viabilizada pela sistematização desenvolvida, uma vez que se focou a avaliação das fraudes mais realizadas e com maior impacto econômico em termos de perdas por elas ocasionadas.

5.2 ÍNDICE DE PERDAS NÃO TÉCNICAS

O processo de calibração aplicado a cada MEE verificado, que resulta na estimativa média de seus erros de medição, é utilizado como indicador do percentual médio de perdas ocasionadas pelas irregularidades identificadas. Nesse contexto, para os dois modelos, T8L e F-72, que representaram o maior número de amostras do conjunto de MEEs verificados, a fraude mais realizada concentrou irregularidades no elemento móvel. A alteração do elemento móvel do MEE, em conjunto com outras irregularidades, praticadas por diferentes tipos de consumidores, atingiu valores de até 100% de perda de contabilização de energia.

Os valores citados na Tabela 15 consideram as irregularidades que consistem na indicação de um erro de medição de 100%, ou seja, em que não há a contabilização do consumo de energia. Esses casos causaram a inoperabilidade do MEE e possuem como complemento conclusivo declarado em seus relatórios a ocorrência da interrupção da contabilização de energia do circuito de medição.

Tabela 15. Irregularidades que impedem o MEE de contabilizar consumo

Componente	Descrição da irregularidade	Perda média			Quantidade		
		MEE Monofásico	MEE Bifásico	MEE Trifásico	MEE Monofásico	MEE Bifásico	MEE Trifásico
Elemento móvel	Elemento móvel (disco) travado.	-100,0%	-100,0%	-100,0%	29	3	5
	Elemento móvel (eixo) desacoplado do mancal inferior.	-100,0%			3		
	Elemento móvel (eixo) desacoplado do mancal superior.	-100,0%			2		
	Elemento móvel (eixo) quebrado.	-100,0%			1		
Terminal de prova	Terminal aberto.	-100,0%	-100,0%		9	2	
Total de MEEs:					44	5	5

Na Tabela 15, são apresentados os componentes do MEE, a descrição de sua irregularidade, os valores percentuais de perda média e a quantidade de MEEs verificados. Além disso, são discriminados os MEEs por tipo – monofásico, bifásico e trifásico. Dos 570 MEEs verificados, de acordo com a Tabela 15, 56 deles apresentaram irregularidades com 100% de erro de medição. Destes 56 MEEs fraudados, 44 eram monofásicos, 5, bifásicos, e 7, trifásicos. Associadas às irregularidades discriminadas na Tabela 15, pode haver outras irregularidades nos relatórios periciais. No entanto, a identificação de apenas uma delas para cada tipo de MEE já justifica sua inoperabilidade.

Em relação aos demais MEEs verificados, o valor médio de perda ocasionada por irregularidades variou de 5% até 100%, dependendo dos tipos de irregularidades praticadas. Todos esses percentuais foram apresentados nos relatórios periciais emitidos e associados ao erro de medição do registrador ciclométrico do MEE. Para ilustrar esse tipo de situação, são citados dois casos de MEEs, modelo T8L, que foram periciados. Um deles estava instalado em um consumidor do tipo rural, e o outro, em um consumidor do tipo industrial. A irregularidade dos dois MEEs concentrou-se na alteração de seu elemento móvel.

A estimativa das perdas decorrentes das irregularidades realizadas no MEE de modelo T8L é ilustrada pela Figura 47, que demonstra o comportamento das séries plotadas para cada tipo de consumidor e para diferentes valores de medição de energia. As medições foram realizadas para o elemento móvel em três pontos de energia. O primeiro ponto de energia medido foi configurado para um valor de carga nominal, o segundo, para um de carga indutiva, e o terceiro, para um de carga pequena.

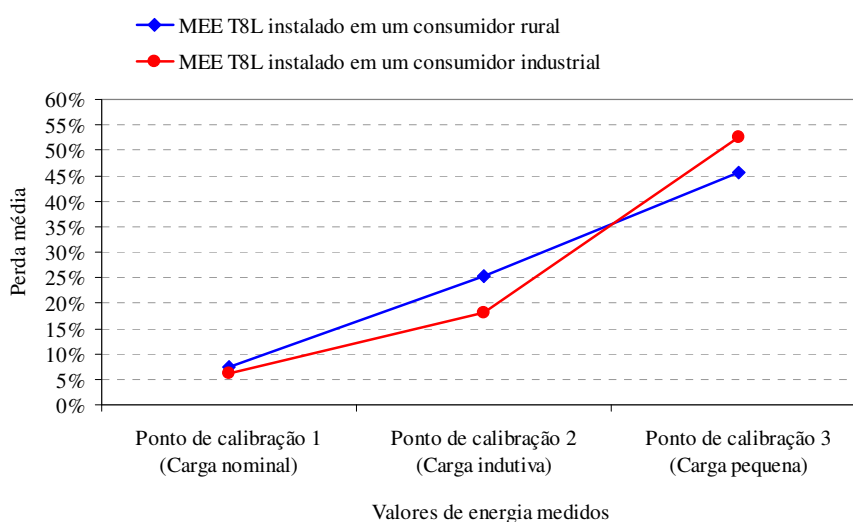


Figura 47. Perda média de contabilização de energia para dois MEEs T8L

O comportamento de cada série plotada equivale ao erro médio de medição de cada MEE e é um subsídio que sustenta tecnicamente o tipo de irregularidade realizada. Segundo as informações da Figura 47, o elemento móvel de cada MEE girou com força maior para o primeiro ponto e com força menor para o terceiro ponto, apresentando um valor de perda média proporcional a cada ponto de energia medido. Tais características refletem na alteração do efeito frenador do elemento móvel, o que dificulta seu giro conforme a carga de energia elétrica consumida. Nota-se, com isso, que as perdas ocasionadas pela alteração do elemento móvel do MEE, para os dois tipos de consumidores, variaram de 6,3% a 52,4%.

5.3 CAPACIDADE DE PRODUÇÃO

Como indicador da estimativa da capacidade de produção do REPEM, assumiu-se a medição do tempo de execução das atividades que foram padronizadas. Para isso, considerou-se uma situação ideal de condições de trabalho, modelando-se o processo de análise pericial, sem considerar etapas referentes à contratação de serviços.

Os valores de tempo associados a cada processo envolvido na sistematização dos serviços de perícias técnicas aplicadas a MEEs foram medidos durante a emissão de relatórios periciais para os 570 MEEs verificados. Por envolverem atividades que podem ser realizadas paralelamente, destacaram-se os processos referentes aos registros cadastrais, à medição e à inspeção técnica. Isso possibilitou analisar o cenário produtivo de relatórios periciais, conforme mostra a Tabela 16.

Tabela 16. Capacidade de produção mensal de MEEs

	REGISTROS CADASTRAIS (10min)	VERIFICAÇÕES METROLÓGICAS (20min)	INSPEÇÃO TÉCNICA FUNCIONAL (30min)	PRODUÇÃO	
				(MEE/hora)	(MEE/mês)
Frentes de trabalho	1	1	1	1,00	140
	2	1	2	1,67	233
	3	1	3	2,33	327
	4	1	4	3,00	420
Horas trabalhadas por dia	7	7	7	7	7
Dias trabalhados por mês	20	20	20	20	20

Segundo as informações da Tabela 16, para a estrutura desenvolvida, considerando-se uma estação de trabalho, a qual realiza seqüencialmente os registros cadastrais, as verificações metrológicas e a inspeção técnicas dos MEEs periciados, é viável o estabelecimento de uma produção mínima de 140 relatórios periciais por mês. As estações de trabalho consistem na estrutura necessária para executar as tarefas de cada processo do

serviço, sendo, em geral, compartilhados recursos como o REPEM, computadores, impressoras, uma banca de calibração padrão e máquinas fotográficas. Além desses recursos, cada estação de trabalho exige a presença de um operador.

Cada processo pode ser executado de forma paralela por diferentes operadores, embora o fluxo de análise de um MEE seja serial. Assim, os dados da Tabela 16 sugerem o aumento da capacidade de produção do sistema com o aumento do número de estações de trabalho. Neste caso, o processo referente às verificações metrológicas ficou limitado a uma estação de trabalho devido à disponibilidade de apenas uma banca de calibração padrão para o projeto. Essa banca de calibração padrão pode calibrar até três MEEs o mesmo tempo, no entanto, eles devem ser de mesmo modelo e possuir as mesmas especificações de operação. Dessa forma, com o aumento de uma estação de trabalho para as etapas de registros cadastrais e de inspeção técnica, há 67% de aumento na produção mensal de relatórios periciais.

5.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA SISTEMÁTICA ADOTADA

A sistematização desenvolvida, aplicada à prestação de serviços de perícias técnicas, foi orientada à padronização de tarefas, o que permitiu controlar a subjetividade de informações que caracteriza processos que envolvem a análise humana. A pesquisa dedicada ao conhecimento do funcionamento de MEEs, que enfatizou os seus componentes, proporcionou condições para se estabelecerem rotinas padronizadas voltadas a perícias técnicas.

Conforme o referencial teórico apresentado, alguns resultados deste trabalho merecem destaque, como é o caso da análise de lacres. Conforme Suriyamongkol, 2002, o lacre de um MEE, além de estar violado ou visivelmente rompido, pode estar ausente ou fraudado. A abordagem adotada para a identificação de irregularidades referentes aos lacres de um MEE foi alinhada à estratégia de fortalecer a isenção da perícia técnica realizada para as partes envolvidas em um processo judicial, considerando, no entanto, apenas a ausência ou a violação dos lacres, sem verificar possíveis lacres fraudados.

A estruturação de um banco de dados com irregularidades padronizadas e orientadas em níveis hierárquicos merece destaque quanto à sua operacionalidade, uma vez que não engessa o sistema com opções limitadas a determinados aspectos funcionais do MEE. A

possibilidade de selecionar quantas irregularidades forem necessárias para configurar uma fraude em um MEE corresponde a uma característica flexível do sistema a seu usuário. Essa flexibilidade é verificada, inclusive, no estabelecimento da definição de fraude, em que vários aspectos são considerados para a determinação de um conceito. Da mesma forma, assumiu-se, com êxito, a descrição de irregularidades correlacionadas, cuja seleção permitiu a criação de um conjunto de informações que subsidiam uma fraude.

Assim, as conclusões dos relatórios periciais são descritas separadamente, contextualizando fatos que caracterizam uma ação e suas conseqüências. Outro aspecto a ser destacado quanto ao desenvolvimento em camadas hierárquicas de um banco de dados padronizado para a identificação de irregularidades refere-se à relação de hierarquia entre os componentes de um MEE. Para os níveis primários, a classificação, principalmente quanto a componentes localizados externa e internamente ao MEE, possibilita a contextualização dos fatos. Segundo tal classificação, deve-se priorizar a verificação dos lacres do MEE, depois o exame de seus componentes mais externos e, posteriormente, de seus componentes internos. Essa lógica atende à construção dos MEEs orientada à proteção de sua integridade, já que, para acessar os componentes internos, deve-se, mesmo que minimamente, manipular alguns de seus componentes mais externos.

O conhecimento do erro de medição do MEE, subsidiado por uma cadeia de rastreabilidade de medição de energia, agregou confiabilidade aos relatórios periciais. Neste contexto, o erro de medição associado a um tipo de irregularidade e a um tipo de MEE constitui um indicador inferencial das perdas de contabilização de energia que podem ser obtidas por meio de uma análise pericial. Algumas situações, verificadas para as amostras de MEEs trabalhados, apresentaram-se inovadoras para a sistematização proposta. Dentre elas, destacam-se (i) o caso de MEEs reconicionados, com a regulamentação efetiva do processo de reconicionamento de MEEs ocorrido no ano de 2006, (ii) os casos de insucesso para a execução de algumas irregularidades nos MEEs que causaram perdas para o consumidor e (iii) as fraudes que são realizadas temporariamente em um MEE.

Os fatos descritos nos relatórios periciais são parte isenta nos processos de decisão judicial e extrajudicial, no entanto, esses fatos são descritos para possibilitar subsídios que apóiem a tais decisões. Com a produção de relatórios periciais automatizada, os processos ou os acordos judiciais e extrajudiciais tendem a uma solução em menos tempo, e a punição, quando aplicável, tende a ser mais aplicada.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos objetivos definidos para o trabalho realizado, bem como das delimitações da pesquisa efetuada, serão discutidos, neste capítulo, os resultados obtidos. Adicionalmente, serão apresentadas algumas sugestões de trabalhos futuros.

6.1 CONCLUSÕES

O objetivo principal do presente trabalho consistiu na proposição de uma sistemática para o reconhecimento de irregularidades que caracterizam fraude em medidores de energia elétrica e a posterior emissão de relatórios periciais. Em um serviço de perícia técnica normalmente se verificam atividades como a descrição das características do MEE, a verificação dos seus erros de medição e a conformidade de seu funcionamento, a partir da verificação dos componentes do seu circuito de medição. Além disso, a montagem efetiva de um relatório que contemple a associação de todos os resultados dessas atividades também compõe o cenário da referida perícia. Com o objetivo de sistematizar essas atividades, buscou-se a aplicação de parâmetros referentes à automação de informações aplicada à padronização do serviço de perícia técnica.

A sistematização do reconhecimento de irregularidades técnicas de MEEs iniciou pela automação das atividades de medição (verificações metrológicas) e pela estruturação de um banco de dados hierarquicamente padronizado para identificação de irregularidades. Inicialmente, o banco de dados teve sua estruturação hierárquica viabilizada mediante pesquisa qualitativa, utilizando-se grupos de estudo com especialistas em medição de energia elétrica. Evidenciou-se fortemente, nessa etapa, a viabilidade de padronização da prestação de serviços de perícia de MEEs e da conseqüente produção de relatórios periciais.

Na etapa de medição, foram especificados os equipamentos necessários, sua rastreabilidade metrológica e itens associados à sua automação, em que se destaca o atendimento ao objetivo específico referente à obtenção de subsídios para caracterizar determinada fraude. Com a associação entre o percentual de perdas referente à contabilização do consumo de energia e os tipos de irregularidades, por meio de estimativas médias dos erros de medição dos MEEs, pôde-se evidenciar a aplicação das verificações metrológicas, subsidiando a caracterização das irregularidades encontradas. O estabelecimento da

rastreabilidade da medição e a utilização de técnicas estatísticas para a determinação do valor de incerteza associada aos valores medidos garantiram confiabilidade aos diagnósticos envolvidos.

A etapa seguinte consistiu na concepção dos relatórios periciais, em que se padronizou um modelo de relatório. Tal modelo relaciona características do MEE, como os dados de sua instalação, os seus erros de medição, a aprovação dos resultados da sua calibração e do seu teste ciclométrico, a descrição das suas irregularidades técnicas, as conclusões acerca de tais irregularidades e, por fim, as suas imagens, que são registradas durante o processo de verificação. Esses relatórios são gerados automaticamente após a conclusão das atividades de medição e de verificação da conformidade de funcionamento dos MEEs, atendendo, com isso, ao objetivo principal deste trabalho. Para automação das informações decorrentes de tais atividades, foi estruturado um software denominado REPEM.

Com a produção de relatórios periciais, de forma padronizada, a partir do REPEM, foi possível delimitar a subjetividade humana presente na análise da conformidade funcional dos MEEs. Isso foi possível devido ao controle das interpretações na identificação de diferentes tipos de irregularidades, decorrente da disponibilização de um banco de dados hierarquicamente padronizado e dos resultados de verificações metrológicas. Dessa forma, a automação do serviço de pericias de MEEs contribuiu tanto para o conhecimento do tempo para identificação dos parâmetros irregulares, quanto em termos da objetividade de sua descrição qualitativa, subsidiada pela quantificação dos erros de medição.

O desenvolvimento do REPEM para o reconhecimento de irregularidades que caracterizam fraude para MEEs, associada à consolidação estrutural da base de dados pesquisada, constituía um dos objetivos específicos deste trabalho. O método proposto foi validado na prática, constituindo-se uma ferramenta no auxílio ao combate de ações voltadas a fraudes em MEEs. No total, foram verificados 570 MEEs, que possuem datas de fabricação, e conseqüente comercialização, desde o ano de 1960 até o de 2008. Além disso, tais MEEs encontravam-se instalados para contabilização do consumo de energia em consumidores residenciais, comerciais, industriais e rurais, com instalações monofásica, bifásica e trifásica de medição de energia elétrica, constituindo um cenário diversificado para os casos verificados.

Uma possível limitação do sistema proposto está relacionada ao grau de padronização adotado para a nomenclatura técnica de irregularidades. Para isso, em função de a nomenclatura técnica adotada estar fundamentada em normas de referência e em literaturas afins, evidencia-se a necessidade de treinamento dos usuários do sistema, uma vez que, sempre que implantada uma tecnologia, o treinamento atende a uma ação estratégica para o sucesso dos investimentos relacionados.

A agilidade na produção de relatórios periciais, que possibilitou o conhecimento do tempo total demandado para a execução de uma perícia técnica, é um resultado relevante do REPEM. Uma vez que o tempo é um indicador de produção de relatórios periciais, uma das vantagens primárias associadas à automação dos serviços de perícia equivale ao conhecimento e ao controle do prazo de sua execução. A padronização das atividades decorrentes e o gerenciamento das informações possibilitaram estimar a previsibilidade de tempo para cada tarefa concluída. O conhecimento do tempo de realização das perícias deve permitir a produção de relatórios periciais e com isso, o fortalecimento do processo de punição dos fraudadores, o que deve acarretar o desestímulo de novas ações que envolvam os tipos de irregularidades pesquisadas.

Em relação ao impacto judicial, pode-se inferir que a sistematização realizada facilitará os trabalhos no sentido de fornecer subsídios autodidatas nos relatórios periciais produzidos, com a apresentação da descrição de todos os parâmetros verificados em um MEE e com conclusões objetivas associadas a eles. Além disso, os relatórios periciais possuem, em sua estrutura, campos destinados à apresentação de imagens dos MEEs registradas desde o momento do seu recebimento até o de sua devolução ao organismo interessado. Como, em um processo judicial, são discutidos, geralmente, interesses de duas partes envolvidas, a automação do processo de reconhecimento de irregularidades possibilitou condições suficientes para justificar a isenção do sistema de gerenciamento de informações na produção de provas técnicas que sustentem a conformidade de operação de um MEE.

6.2 TRABALHOS FUTUROS

As delimitações previstas para o desenvolvimento da sistematização aplicada à prestação de serviços de perícias técnicas em MEEs restringiram-se ao conjunto de amostras de MEEs fraudados e ao interesse de produção de relatórios periciais com foco específico no

MEE. Assim, tais delimitações podem ser utilizadas como indicadores para futuras pesquisas, configurando-se como fontes potenciais de pesquisa e de desenvolvimento os itens descritos a seguir.

- (i) **Replicação do modelo** para outros segmentos de prestação de serviços, como é o caso da televisão por assinatura com a transmissão de sinal via cabo ou via satélite. De forma similar à comercialização de energia, funciona a comercialização do sinal de televisão em circuito fechado, diferenciando-se apenas sob o aspecto de que os aparelhos receptores do sinal não contabilizam o consumo, mas a liberação dos canais de televisão conforme contrato comercial previamente estabelecido. No entanto, da mesma forma que os MEEs são alvo de fraudes para reduzir o montante de consumo a ser pago, os receptores de sinal de televisão também são alvo de fraudes para liberação do sinal de canais sem seu pagamento efetivo. Neste caso, é viável a replicação do modelo desenvolvido, esclarecendo-se aspectos como a fiscalização e a punição adotadas pelo setor.
- (ii) **Extensão do escopo de amostras de MEEs verificadas.** Em virtude da verificação prioritária de MEEs do tipo eletromecânicos, com a padronização de irregularidades específicas a eles, e da evolução contínua de tecnologias comercializadas, os modelos de MEEs com tecnologia de ponta constituem uma necessidade futura de trabalho. Além disso, as amostras de MEEs examinadas restringem-se ao Estado do Rio Grande do Sul. Quanto a este aspecto, uma parceria de trabalho com outros Estados do país pode ser firmada, unificando-se informações para a punição efetiva de fraudadores.
- (iii) **Mineração de dados** a partir do mapeamento geográfico dos tipos de fraudes e de sua disseminação. A sistemática desenvolvida com informações armazenadas em um banco de dados proporciona condições para a exploração de todas as informações nele armazenadas. Com a implementação do armazenamento dos dados referentes à localização geográfica de instalação dos MEEs analisados correlacionada aos tipos de fraudes neles realizadas, a identificação de parâmetros como a disseminação do tipo de fraude ou do responsável por essa difusão é viabilizada.
- (iv) **A análise de acessórios de medição**, como transformadores de corrente, transformadores de potencial e ramais de ligação, que também constituem o sistema de medição. Em muitos casos, além dos MEEs, é necessária a utilização de acessórios que viabilizem a medição de parâmetros fora da capacidade especificada para os MEEs. Por

constituírem alvo de fraudes, esses acessórios de medição também podem ser periciados, sendo necessária, no entanto, a pesquisa de irregularidades a eles aplicadas. Isso implica a necessidade de um maior envolvimento do setor de inspeção e de fiscalização das concessionárias distribuidoras de energia para detecção de irregularidades técnicas. Neste sentido, possíveis limitações estariam relacionadas à privacidade das instalações da unidade consumidora.

- (v) **A análise do lacre ou dos selos de proteção dos MEEs.** Objetivando-se a isenção de opinião no processo de confecção de relatórios periciais e, também, no de verificação dos lacres dos MEEs, recomenda-se a aplicação de técnicas de processamento digital de imagens ou de outro tipo de automação computacional para o reconhecimento de lacres que se apresentem fora da padronização adotada pelas distribuidoras de energia elétrica. Com isso, a verificação da conformidade de um MEE pode ser completada com a verificação da conformidade dos lacres de proteção nele instalados, havendo mais subsídios técnicos para sustentar a descrição de situações irregulares de contabilização do consumo de energia.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. A. S.; SILVEIRA M.; BASTOS, P. R. F. de M.; MICHELI, I.; DANTAS, P. R. P. Metodologia para identificação de perdas não-técnicas - Matriz de Perdas. Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica. **Anais XVII SENDI**. Belo Horizonte, MG, Brasil, 2006.

ALVES, I. C. **Metodologia para apuração e controle de custos da qualidade ambiental**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC, Brasil, 2001.

ARAUJO, A. C. M. **Perdas e inadimplência na atividade de distribuição de energia elétrica no Brasil**. Tese (Doutorado em Ciências de Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007.

ARAUJO, A. C. M.; SIQUEIRA, C. A.; Considerações sobre as perdas na distribuição de energia elétrica no Brasil. Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica. **Anais XVII SENDI**. Belo Horizonte, MG, Brasil, 2006.

ALBERTAZZI, A. G.; SOUSA, A. R. **Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial**. 1. ed. Barueri, SP: Manole, 2008. 390 p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14519. Medidores eletrônicos de energia elétrica (estáticos) – Especificação. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2000.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO/IEC 17025:2005 - Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2005.

BANOVIĆ M.; GODEC Z.; CINDRIĆ V. Automated measurement uncertainty estimation - a new paradigm of measuring instruments and systems. World Congress Metrology in the 3rd Millennium. **XVII IMEKO**. Dubrovnik, Croatia, June, 2003.

BALBINOT, A.; BRUSAMARELLO, V. J. **Instrumentação e fundamentos de medidas**. Vol. 1. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

BANDIM, C. J.; ALVES, J. E. R., Jr. PINTO, A. V., Jr. SOUZA, F. C. LOUREIRO, M. R. B. MAGALHAES, C. A. GALVEZ-DURAND, F. Identification of Energy Theft and Tampered Meters Using a Central Observer Meter: A Mathematical Approach. **IEEE**, Vol. 1, Sept. 2003. Page(s): 163- 168.

BEATY, W. **Electric power distribution systems**: a nontechnical guide. Tulsa: Penn Well, 1998. 212 p.

BECKERT, S. F.; PALADINI, E. P. A abrangência do gerenciamento metrológico nas empresas. XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais ENEGEP XXI**. Fortaleza, CE, Brasil, 2006.

BISPO C. A. F.; CAZARINI E. W. Uma proposta de gestão de erros em medições subjetivas utilizadas na gestão organizacional. Simpósio de Engenharia de Produção XV. Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento. **Anais XV SIMPEP**. Bauru, SP, 2008.

BORCHARDT, M. Proposta para estruturação de um sistema de confirmação metrológica. XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais ENEGEP XXI**. Salvador, BA, 2001.

BRASIL, Ministério da Indústria, do Comércio e do Turismo. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização E Qualidade Industrial – INMETRO. Portaria INMETRO número 88, de 06 de abril de 2006.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle Estatístico de Qualidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

DEBATIN, R.M.; FRANCO, A.M.R.; TOTH, E.; Reducing the Uncertainty in the Measurements of Power and Energy. Conference on Precision Electromagnetic Measurements Digest, **IEEE**. Digital Object Identifier 10.1109/CPEM.2004.305362. June, 2004. Page(s): 562-563.

European Co-operation for Accreditation (EA). EA-4/02. Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration. 79 p. Disponível em: www.european-accreditation.org/n1/doc/ea-4-02.pdf. Acesso em 15 de dezembro de 2008.

Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - FIESP. Conservação e Reuso de Água: Manual de Orientações para o setor industrial. São Paulo, 2004.

FITZSIMMONS, J. A. **Administração de serviços:** operações, estratégia e tecnologia de informação. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2000. 537 p.

GIANESI, I. G. N. **Administração estratégica de serviços:** operações para a satisfação do cliente. São Paulo: Atlas, 1994. 233 p.

Guia para Expressão da Incerteza de Medição - GUM. Terceira edição brasileira em língua portuguesa. 120 p. ABNT/INMETRO. Rio de Janeiro, 2003.

Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo – IBAPE/SP. **Perícias de engenharia.** São Paulo: PINI, 2008.

IEC 62052-11: 2003-02. Electricity metering equipment (a.c.) - General requirements, tests and tests conditions - Part 11: Metering equipment. Genebra, Suíça, 2003.

JORNADA, D.; CATEN, C. T. Uma revisão sobre abordagens e métodos de cálculo de incerteza. Congresso Latino Americano de Metrologia. Metrologia- Ferramenta para qualidade, inovação e competitividade. **Anais V METROSUL.** Curitiba, PR, Brasil, 2007.

JORNADA, D.; JORNADA, F. Cálculo de incerteza da medição: estudo comparativo entre os métodos do GUM, de Monte Carlo e de Integração Numérica. Congresso da Qualidade em Metrologia. **Anais ENQUALAB.** São Paulo, SP, 2007.

KRAEMER, M. E. P. **Gestão dos custos da qualidade ambiental.** São Paulo: Universo Ambiental, 2006.

KUME, L. Uma estimativa dos determinantes da taxa de criminalidade brasileira: uma aplicação em painel dinâmico. Encontro Nacional de Economia (Proceedings of the 32th Brazilian Economics Meeting). **Anais do XXXII EPGE/FGV.** Dezembro de 2004.

LAUDON, K. C. **Sistemas de informação: com internet.** 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999. 389 p.

LEITE C. E. A utilização de ferramenta estatística na gestão das perdas não técnicas em concessionária de energia elétrica. **Anais XV SIMPEP**. Bauru, SP, 2008.

LOUREIRO, A. O. F.; CARVALHO JÚNIOR, J. R. A. O impacto dos gastos públicos sobre a criminalidade no Brasil. **Anais do XXXV Encontro Nacional de Economia** (Proceedings of the 35th Brazilian Economics Meeting). Banco do Nordeste do Brasil, dezembro de 2007.

MAKRIDAKIS, S. **Forecasting: methods and applications**. 3. ed., New York: John Wiley & Sons, 1998.

MEDEIROS JUNIOR, J. R.; FIKER, J. **A perícia judicial: como redigir laudos e argumentar dialeticamente**. São Paulo: Pini, 1996. 138 p.

MEDEIROS, S.F. **Medição de Energia Elétrica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1997. 483 p.

MISRA, R. B.; PATRA, S. Tamper detection using neuro-fuzzy logic. Metering and Tariffs for Energy Supply. **IEEE**. Publication Date: Aug 1999. Page(s): 101-108.

MONTGOMERY, D. C. **Estatística aplicada à engenharia**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 335 p.

MONTICELLI, A.; GARCIA, A. **Introdução a sistemas de energia elétrica**. Campinas: Editora da UNICAMP, 2003.

MORRIS, A. S. **Measurement and calibration for quality assurance**. New York: Prentice Hall, 1991. 336 p.

NAIMAN, S.; KISSAKA, M.M.; MVUNGI, N. H. **Energy meter reading and tampering protection through power line communication channel**. Faculty of Electrical and Computer Systems Engineering. University of Dar es Salaam. AFRICON, 2004. 7th AFRICON Conference in Africa. Publication Date: 15-17 Sept. 2004. On page(s): 821- 826 Volume 2.

Nota técnica número 026/2006–SRD/SRC/SRE/ANEEL. Assunto: **Tratamento regulatório das perdas de energia nas tarifas dos sistemas de distribuição de energia elétrica**.

Disponível em: http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/NT_Perdas%20T%C3%A9cnicas.pdf. Acesso em 02 de agosto de 2007.

Nota técnica número 0035/2007-SRD/ANEEL. Assunto: Metodologia e procedimentos para o estabelecimento de regulamentação para apuração de perdas técnicas no segmento de distribuição de energia elétrica. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/NT0035-2007SRDANEEL.pdf>. Acesso em 11 de julho de 2007.

ONESTI, A. Medidores de watt-hora a disco de indução. **Revista Mundo Elétrico**. Abril, 1981.

PATRÍCIO, C. M. M. M., PINTO, J. O. P., LINARES, K. S. C. **Deteção de Fraude em Grandes Consumidores de Energia Elétrica Utilizando a Teoria de Rough Sets baseados em dados dinâmicos e dados estáticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS. Campo Grande, MS, Brasil, 2006.

RONG J., TAGARIS H., LACHSZ, A., JEFFREY M. Wavelet based feature extraction and multiple classifiers for electricity fraud detection. Transmission and Distribution Conference and Exhibition 2002: Asia Pacific. **IEEE**. Publication Date: 6-10 Oct. 2002. Volume: 3. Page(s): 2251- 2256.

ROSA, M. V. F. **Perícia judicial: teoria e prática**. Porto Alegre: Editor Sergio Antonio Fabris, 1999. 295 p.

SANTOS, M. J.; KASSOUF, A. L. Uma investigação econômica da influência do mercado de drogas sobre a criminalidade brasileira. **Revista Economia**. Maio/Agosto de 2007.

SINGHAL, S. The role of metering in revenue protection. Metering and Tariffs for Energy Supply, 25-28 May 1999, **IEEE**, 1999. Page(s): 223-228.

SMITH, T. B. **Electricity theft: a comparative analysis**. Department of Social and Behavioral Sciences, Zayed University, Dubai, United Arab Emirates. **Energy Policy**. Volume 32, Issue 18, December 2004, Pages 2067-2076

STAIR, R. M.; REYNOLDS, G. W. **Princípios de sistemas de informação: uma abordagem gerencial**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 496 p.

SURIYAMONGKOL, D. **Non-technical losses in electrical power systems**. Master of Science Thesis (College of Engineering and Technology). Ohio University. Ohio, Ohio, EUA, 2002.

THEISEN, A. M. F. **Fundamentos da metrologia industrial**: aplicação no processo de certificação ISO 9000. Porto Alegre, 1997.

Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de Metrologia (VIM). Portaria INMETRO nº 029 de 1995. Ed. 5. Editora SENAI. ISBN 978-85-99002-18-6 72p. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/vim.pdf>. Acesso em 10 de julho de 2007.

APÊNDICE A – Estrutura funcional do REPEM

Este apêndice objetiva exemplificar, a partir do MEE com ID 570-3, a utilização das cinco telas do REPEM, que são utilizadas para geração do relatório pericial de um MEE. As telas são constituídas pelos registros cadastrais do MEE, os resultados das medições, as irregularidades identificadas, as imagens armazenadas, e pela tela que gera o relatório pericial. Cada tela possui interação a outros aplicativos, como o MS Excel, o banco de dados, e a banca de calibração padrão. A Figura 48 apresenta a tela que contém os registros cadastrais do MEE, consultados a partir do seu ID. O ID do MEE é exibido no canto superior das telas ao lado da informação da revisão do relatório a ser emitido.

REPEM

Análise do Medidor e Geração do Relatório Final Medidor: 570-3 Revisão 2

Dados do Medidor | Resultados da Calibração | Itens Diagnosticados | Imagens | Relatório Final

Dados do Recebimento

Número de Cadastro: 570-3
 Concessionária:
 Local da Instalação: Residencial
 Nota Fiscal Recebimento:
 Acessórios Recebidos:
 Solicitante da Análise:
 Endereço do Solicitante:

Informações do Medidor

Fabricante: Landis+Gyr
 Modelo: M12B
 Tipo do Modelo:
 Ano de Fabricação: 2005
 Número de Série: Não Consta
 Número de Patrimônio: 0391920
 Tipo de Registrador: Eletromecânico
 Registro de Energia: 7712
 Sistema: Monofásico (1 Elemento)
 Constantes do Medidor: 0,00 varh (reativa)
 Constantes do Medidor: 4,80 Wh (ativa)
 Classe: 2,00 %
 Corrente Nominal: 15 A
 Corrente Máxima: 100 A
 Tensão Nominal: 240 V

Unidade Consumidora

Número:
 Nome:
 Endereço:
 Complemento:
 Bairro:
 Cidade:
 CEP:

Observações:
 O medidor foi recebido em um invólucro plástico lacrado, com lacre nº 00647. Para devolução, o medidor foi acondicionado em invólucro plástico lacrado, com lacre nº 002.

Fechar

Figura 48. Tela do REPEM referente aos registros cadastrais do MEE.

A Figura 49 apresenta os resultados das verificações metrológicas, para os quais há a interação entre os aplicativos da banca de calibração padrão e a planilha “analise_calibracao”. Verifica-se com isso, que nessa tela são apresentados os resultados da calibração e do teste ciclométrico realizados, com valores de incertezas calculados, as condições ambientais em as medições foram realizadas e a aprovação dos resultados. Todas essas informações ficam armazenadas no banco de dados do REPEM, com rastreabilidade de informações para quaisquer alterações procedidas.

REPEM

Análise do Medidor e Geração do Relatório Final Medidor: 570-3 Revisão 2

Dados do Medidor: Resultados da Calibração | Itens Diagnosticados | Imagens | Relatório Final

Análise do Arquivo de Retorno da Calibração na Bancada

Arquivo gerado para a bancada com 3 leituras x 4 repetições de cada leitura.

Arquivo de Retorno da Bancada:
R: \Calibracao\Calibracao\570-3.Pm

Temperatura registrada durante a Calibração: No início: 20 °C Ao final: 26 °C

Umidade relativa registrada durante a Calibração: No início: 50 % Ao final: 60 %

Dados do Arquivo de Retorno da Bancada

Tensão A	Corrente A	Fase A	Tensão B	Corrente B	Fase B	Tensão C	Corrente C	Fase C	Frequência	Pulsos	Erro %	Classe	Duração
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	240,05	14,939	-0,14	60,00	13	-27,7122	Repr	00:01:27
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	240,04	14,987	0,20	60,00	13	-28,4973	Repr	00:01:27
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	240,03	14,943	-0,20	60,00	13	-28,6871	Repr	00:01:28
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	240,02	14,991	-0,02	60,00	13	-28,4285	Repr	00:01:27
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	240,01	14,966	-60,22	60,00	7	-34,1581	Repr	00:01:43
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	240,00	14,944	-60,06	60,00	7	-33,9577	Repr	00:01:42
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	239,99	14,927	-60,15	60,00	7	-33,5362	Repr	00:01:42
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	239,98	14,925	-59,75	60,00	7	-33,2649	Repr	00:01:40
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	240,05	14,939	-0,14	60,00	13	-100	Repr	00:00:00
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	240,04	14,987	0,20	60,00	13	-100	Repr	00:00:00
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	240,03	14,943	-0,20	60,00	13	-100	Repr	00:00:00
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	240,02	14,991	-0,02	60,00	13	-100	Repr	00:00:00

Resultado da Análise do Arquivo

Leitura do Ponto de Calibração 1: O resultado do ponto de calibração 1 foi reprovado de acordo com a Classe de Exatidão do Medidor, apresentando um erro médio de -28,33%

Leitura do Ponto de Calibração 2: O resultado do ponto de calibração 2 foi reprovado de acordo com a Classe de Exatidão do Medidor, apresentando um erro médio de -33,73%

Leitura do Ponto de Calibração 3: O resultado do ponto de calibração 3 foi reprovado de acordo com a Classe de Exatidão do Medidor, apresentando um erro médio de -100%

Dados do Ciclômetro

Teste Ciclométrico: Aprovado

Registro de Energia (kWh): Ao início: 7713 Ao final: 7716

Valor de energia contabilizada: Registro de Energia Referência (kWh) 3,10

Fechar

Figura 49. Tela do REPEM referente às verificações metrológicas

A Figura 50 apresenta as irregularidades que foram identificadas para o MEE sob análise. Nesse caso, são apresentadas as descrições das irregularidades de um componente, de acordo com a padronização hierarquizada adotada. A alteração de tais descrições é previamente limitada às permissões de *login* do REPEM.

The screenshot shows the REPEM software window titled 'Análise do Medidor e Geração do Relatório Final' for meter '570-3' revision '2'. The 'Itens Diagnosticados' tab is active, displaying a table with 9 rows of diagnostic items. Each row includes an ID, a description of the component and issue, the component name, a detailed description of the fault, and a note on potential consequences.

ID	Descrição	Componente	Descrição	Tal fato pode ocasionar
01)	Componentes localizados internamente ao circuito de medição do medidor de energia	Componente: Elemento móvel	Descrição: Elemento móvel (disco) raspando no entreferro na posição do ímã de ajuste geral.	Tal fato pode ocasionar a alteração da contabilização de energia do circuito de medição.
02)	Componentes localizados internamente ao circuito de medição	Componente: Elemento móvel	Descrição: Verificados riscos em sua superfície.	Tal fato pode ocasionar a alteração da contabilização de energia do circuito de medição.
03)	Componentes localizados internamente ao circuito de medição	Componente: Freio magnético (ímãs)	Descrição: Parafuso de fixação com sinais de manipulação.	Tal fato pode ocasionar a alteração da contabilização de energia do circuito de medição.
04)	Componentes localizados internamente ao circuito de medição	Componente: Mancal inferior	Descrição: Parafuso de fixação com sinais de manipulação.	Tal fato pode ocasionar a alteração da contabilização de energia do circuito de medição.
05)	Componentes localizados internamente ao circuito de medição	Componente: Mancal inferior	Descrição: Verificados sinais de manipulação.	Tal fato pode ocasionar a alteração da contabilização de energia do circuito de medição.
06)	Componentes localizados internamente ao circuito de medição	Componente: Placa de identificação	Descrição: Parafuso de fixação com sinais de manipulação.	Tal fato pode ocasionar a alteração da contabilização de energia do circuito de medição.
07)	Componentes localizados internamente ao circuito de medição	Componente: Placa de identificação	Descrição: Solta.	Tal fato pode ocasionar a alteração da contabilização de energia do circuito de medição.
08)	Componentes localizados internamente ao circuito de medição	Componente: Registrador	Descrição: Parafuso de fixação com sinais de manipulação.	Tal fato pode ocasionar a alteração da contabilização de energia do circuito de medição.
09)	Lacre	Componente: Tampa do medidor	Descrição: Lacre violado.	Tal fato possibilita acesso às partes internas do medidor de energia elétrica.

Figura 50. Tela do REPEM referente às irregularidades identificadas

Para complementar a descrição das irregularidades que foram identificadas para o MEE sob análise, é apresentada no relatório suas imagens. A tela da Figura 51 ilustra esse caso, onde são exibidas as imagens que serão apresentadas no relatório. Para essa etapa há a interação entre as máquinas fotográficas e o armazenamento de imagens que é gerenciado pelo REPEM. Esse gerenciamento é realizado por meio da numeração seqüencial das imagens a partir do ID do MEE. Por fim, a tela da Figura 52, apresenta informações para montagem do relatório pericial, destacando-se a exibição dos responsáveis pela execução da perícia, sob a forma de relator e revisor. Após a geração de um relatório pericial, ele é automaticamente salvo no banco de dados do REPEM, sendo nomeado pelo ID do MEE seguido da sua revisão.



Figura 51. Tela do REPEM referente às imagens do MEE

Figura 52. Tela do REPEM para conclusão do relatório pericial

APÊNDICE B – Exemplo de um resultado de uma calibração

Este apêndice apresenta um resultado fornecido pela banca de calibração padrão (Figura 53). Nesse caso, o arquivo que contém os resultados foi nomeado pelo ID (2-7) do MEE calibrado. De acordo a Figura 53, a informação que é consultada pela programação do REPEM equivale à coluna do “Erro%”. Essa coluna apresenta os valores do erro de medição de cada ponto de energia calibrado para o MEE com ID 2-7. O REPEM é programado para consultar o arquivo 2-7.PRN e copiar tais valores, colando-os na planilha “analise_calibracao”, que é responsável por calcular a incerteza da medição e pela aprovação dos resultados, de acordo com a classe de especificação do MEE.

Sistema de Calibração - ELO400 06.51
 Calibrador N: 0011 - Padrão Interno M-01
 Medidor 2-7 - Fabricante: APREL - Modelo: M8L - Número de Série: 1301110 - VERIFICAÇÃO METROLÓGICA
 Data: 12/11/2007 Hora: 08:23:13
 Constante do Medidor: 1,8
 Numero do Medidor: 2-7

Tensões em Volts, Correntes em Amperes, Fases em Graus.
 Fator de Potência em Porcentagem, Frequência em Hertz.
 LC - Sentido da Potência Linha-Carga, CL - Sentido da Potência Carga-Linha.
 Ind - Potência Reativa Indutiva, Cap - Potência Reativa Capacitiva.

Ten_A	Cor_A	Fase_A	Ten_B	Cor_B	Fase_B	Ten_C	Cor_C	Fase_C	Freq	Pulsos	Erro%	Classe	Duração
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	120,02	15,071	-0,41	60,00	17	3,7274	Repr	00:00:59
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	120,01	14,988	-0,44	60,00	17	3,7423	Repr	00:00:59
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	120,00	14,987	0,57	60,00	17	3,7472	Repr	00:00:59
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	119,99	14,875	-0,26	60,00	17	3,7656	Repr	00:00:59
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	119,99	15,032	-59,64	60,00	9	4,0372	Repr	00:01:02
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	119,98	15,124	-59,40	60,00	9	4,0202	Repr	00:01:01
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	119,97	15,105	-60,11	60,00	9	3,9844	Repr	00:01:02
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	119,97	14,932	-60,19	60,00	9	3,9812	Repr	00:01:03
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	119,99	1,452	-0,02	60,00	2	3,2846	Repr	00:01:12
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	119,99	1,514	-0,03	60,00	2	3,4091	Repr	00:01:09
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	119,98	1,514	-0,03	60,00	2	3,6393	Repr	00:01:09
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	119,98	1,515	-0,03	60,00	2	3,6119	Repr	00:01:09

Medidor reprovado nos limites definidos

Figura 53. Resultados de medições gerados pela banca de calibração padrão

APÊNDICE C – Exemplo de uma planilha analise_calibracao

Para análise dos dados coletados na calibração de um MEE, o REPEM utiliza a planilha “analise_calibracao”, com a consulta do valor de incerteza e a aprovação dos resultados das medições. Para cada MEE a planilha é então nomeada, com: “Resultado da verificação metrológica do medidor - ID do MEE - revisão do relatório”. A Tabela 19 exemplifica sua aplicação, com alguns valores teóricos para os erros de medição, para os quais são calculados o desvio padrão, o erro total, o valor da incerteza expandida, e a análise do resultado da calibração. Para o exemplo citado, o ponto de calibração foi aprovado de acordo com a classe de exatidão do MEE.

Tabela 17. Planilha analise_calibracao

PONTO DE CALIBRAÇÃO I										DADOS DO MEE SOB TESTE	
MEDIÇÃO DE ENERGIA ATIVA E REATIVA										Classe do MEE: 2 %	
Registro de temperatura ao início das medições (°C): 23					Número de casas de leitura: 2						
Registro de temperatura ao final das medições (°C): 26					Número de leituras: 4						
Descrição das fontes de contribuição (U _i)	± Valor	Distribuição de Probabilidade	Divisor	Incerteza padronizada	Coefficiente de sensibilidade	Incerteza padronizada combinada	U _i ⁴ /V _i	Graus de liberdade (V _i)		LEITURAS REALIZADAS (%)	ERRO TOTAL (%)
U ₀ Desvio padrão das medições do MEE sob teste	0,315 %	Normal	1,00	0,315	1 %	0,3146	3E-03	3		1,000	0,150
U ₁ Resolução da banca de calibração padrão (BCP)	0,010 %	Retangular	1,73	0,0058	1 %	0,0058	1E-18	infinito		0,500	
U ₂ Critério de aprovação para a BCP	0,200 %	Retangular	1,73	0,1155	1 %	0,1155	2E-13	infinito		2,000	TESTE DE INSTABILIDADE
U ₃ Especificação de trabalho da BCP	0,106 %	Retangular	1,73	0,0612	1 %	0,0612	1E-14	infinito		1,000	
U ₄ Coeficiente de variação de temperatura da BCP	0,005 %/°C	Retangular	1,73	0,0029	3 °C	0,0087	7E-20	infinito		—	0,500
U ₅ Fator de segurança para estabilidade das medidas	0,053 %	Retangular	1,73	0,0306	1 %	0,0306	9E-16	infinito		—	
Incerteza combinada (U _c):							0,34 %	4		—	VALOR DO ERRO SISTEMÁTICO (%)
Para um nível de confiança de 95,45%, (k=2,9), a incerteza expandida (U) é de:							0,98 %	4,20		—	
ANÁLISE DO RESULTADO DE CALIBRAÇÃO										—	1,1300
O resultado do ponto de calibração I foi aprovado de acordo com a classe de exatidão do medidor											

Para exibição nos relatórios periciais, as informações consultadas pelo REPEM nesta planilha correspondem às condições ambientais em que as medições foram realizadas, o valor da incerteza expandida, e a análise do resultado de calibração. Para cada MEE periciado utilizando-se o REPEM, são calibrados em geral três pontos de energia. Cada ponto calibrado possui no mínimo quatro leituras do seu erro de medição. Com isso, há a necessidade de uma planilha “analise_calibracao” para analisar cada ponto de energia calibrado, para cada MEE periciado.

APÊNDICE D – Exemplo de um roteiro de calibração

```

2-7 Roteiro de Calibracao - Bloco de notas
Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda
Titulo=Medidor 2-7 - Fabricante:APREL - Modelo:M8L - Número de Série:0000
***** Cabeçalho do Arquivo *****
LaudoSimplificado=NAO
SistemaEstrela
Frequencia=60
DesvioMaximoTensao=0.5
DesvioMaximoFase=0.1
TempoMinimoDeAfericao=60
DesvioMaximoCorrente=0.1
TensoesEquilibradas=NAO
CorrentesEquilibradas=NAO
FasesEquilibradas=NAO
ConstanteDoMedidor= 1.80
ErroMaximo=2
***** LEITURA 1 *****
TensaoA=0
TensaoB=0
TensaoC=120
CorrenteA=0
CorrenteB=0
CorrenteC=15
DefasamentoA=0
DefasamentoB=0
DefasamentoC=0
***** 4 REPETIÇÕES DA LEITURA *****
AjustaGrandezas
CalibraAtivaTrifasica
AjustaGrandezas
CalibraAtivaTrifasica
AjustaGrandezas
CalibraAtivaTrifasica
AjustaGrandezas
CalibraAtivaTrifasica
***** LEITURA 2 *****
TensaoA=0
TensaoB=0
TensaoC=120
CorrenteA=0
CorrenteB=0
CorrenteC=15
DefasamentoA=0
DefasamentoB=0
DefasamentoC=-60
***** 4 REPETIÇÕES DA LEITURA *****
AjustaGrandezas
CalibraAtivaTrifasica
AjustaGrandezas
CalibraAtivaTrifasica
AjustaGrandezas
CalibraAtivaTrifasica
AjustaGrandezas
CalibraAtivaTrifasica
***** LEITURA 3 *****
TensaoA=0
TensaoB=0
TensaoC=120
CorrenteA=0
CorrenteB=0
CorrenteC=1.5
DefasamentoA=0
DefasamentoB=0
DefasamentoC=0
***** 4 REPETIÇÕES DA LEITURA *****
AjustaGrandezas
CalibraAtivaTrifasica
AjustaGrandezas
CalibraAtivaTrifasica
AjustaGrandezas
CalibraAtivaTrifasica
AjustaGrandezas
CalibraAtivaTrifasica
***** AJUSTA PARÂMETROS E FINALIZA *****
TensaoA=0
TensaoB=0
TensaoC=0
CorrenteA=0
CorrenteB=0
CorrenteC=0
DefasamentoA=0
DefasamentoB=0
DefasamentoC=0
AjustaGrandezas
Parada=CALIBRAÇÃO CONCLUÍDA

```

Figura 54. Roteiro de calibração para um MEE Aprel M8L