



XIX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2010 – 22 a 26 de novembro

São Paulo - SP - Brasil

Software Computacional de Perdas Técnicas de Energia – PERTEC

Franco Pavan	Ingrid Lourenço Holsbach	Eduardo Kenji Zen Nakashima
RGE	RGE	RGE
Franco – fpavan@rge-rs.com.br	Ingrid - iholsbach@rge-rs.com.br	Kenji – enakashima@rge-rs.com.br

Palavras-chave

Distribuição de Energia
Medidor de Energia
Perdas Técnicas
Subestação
PERTEC

Resumo

Este artigo tem por objetivo apresentar o processo de determinação das perdas técnicas através do software computacional PERTEC na RGE. Inicialmente serão apresentados os conceitos sobre perdas técnicas além da metodologia utilizada pelo software. Serão descritos também as principais ferramentas e funções do software utilizado.

1. Introdução

As perdas de energia no sistema elétrico podem gerar diversos problemas para as concessionárias. Reduzir essas perdas significa dispor de uma parcela maior da energia comprada que poderá ser faturada, além de trazer melhorias na qualidade do produto oferecido aos consumidores. Também contribui para um ganho adicional de mercado, podendo reduzir investimentos na ampliação da capacidade instalada, por exemplo.

A energia entregue pelo sistema de transmissão ao sistema de distribuição contém parcelas de perdas técnicas e perdas não técnicas. Para a concessionária, as perdas não técnicas representam uma quebra de receita. Já as perdas técnicas não estão relacionadas à operação do sistema elétrico da concessionária, normalmente apresentam a maior parcela das perdas. A otimização do nível das perdas técnicas constitui uma meta dos programas de gerenciamento. Atualmente existem softwares que foram desenvolvidos para análise das perdas de energia elétrica, que ajudam a direcionar, de forma efetiva, os recursos e soluções para o problema. Um desses softwares, utilizados pela concessionária, é o PERTEC, um sistema que realiza o cálculo detalhado das perdas técnicas em cada componente do sistema de distribuição.

2. Perdas de Energia

No tratamento regulatório das perdas de energia, cabem alguns conceitos a serem descritos. Segundo Méffe (2001) as perdas de energia podem ser classificadas quanto à natureza, origem, localização e segmento.

2.1 Por Natureza

Perdas classificadas quanto à natureza podem ser ditas como perda de demanda e perda de energia.

Perdas de Demanda: A perda de demanda é a diferença entre a demanda de entrada e a demanda de saída em um componente do sistema elétrico num dado instante.

Perdas de Energia: A perda de energia é a diferença da energia de entrada e a energia de saída em um componente do sistema em um intervalo de tempo.

2.2 Por Origem

Perdas classificadas quanto à origem podem ser ditas como perdas técnicas e perdas não técnicas.

Perdas Técnicas: A perda técnica é a quantidade de energia elétrica dissipada entre o suprimento de energia até os pontos de conexão nas instalações das unidades consumidoras.

Perdas Não Técnicas: É a energia entregue ao consumidor ou a outra concessionária, porém, não foi contabilizada nas vendas devido a furtos de energia, erros de medição, unidades consumidoras sem equipamentos de medição, etc.

2.3 Por Localização

Já as perdas classificadas quanto à localização, são perdas globais, perdas na transmissão, perdas na distribuição e perdas por segmento:

Perdas Globais: As perdas globais são as perdas nos sistemas de geração, transmissão e distribuição.

Perdas na Transmissão: As perdas na transmissão são as perdas na geração e na transmissão

Perdas na Distribuição: As perdas na distribuição são as perdas que ocorrem somente no sistema de distribuição.

Perdas por segmento são perdas em um conjunto de componentes que desempenham a mesma função no sistema elétrico e é o principal foco deste artigo.

3. Perdas Técnicas

As perdas técnicas estão relacionadas com as perdas por efeito Joule, perdas magnéticas e perdas dielétricas que afetam diretamente os seguintes elétricos, seguem alguns:

- Transformadores – força/distribuição TP e TC
- Sistemas supervisórios
- Conexões
- Pára-raios
- Relés fotoelétricos
- Capacitores
- Medidores
- Isoladores
- Cabos
- Chaves
- Equipamentos auxiliares

Para a análise das perdas, basicamente, se divide a rede de distribuição em oito segmentos. Um segmento é constituído por todos os componentes que desempenham a mesma função no sistema. São eles: medidor de energia, ramal de ligação, rede secundária,

estação transformadora, rede primária, subestação de energia elétrica, linhas de alta tensão e outros.

A figura 1 ilustra os vários segmentos do sistema de distribuição:

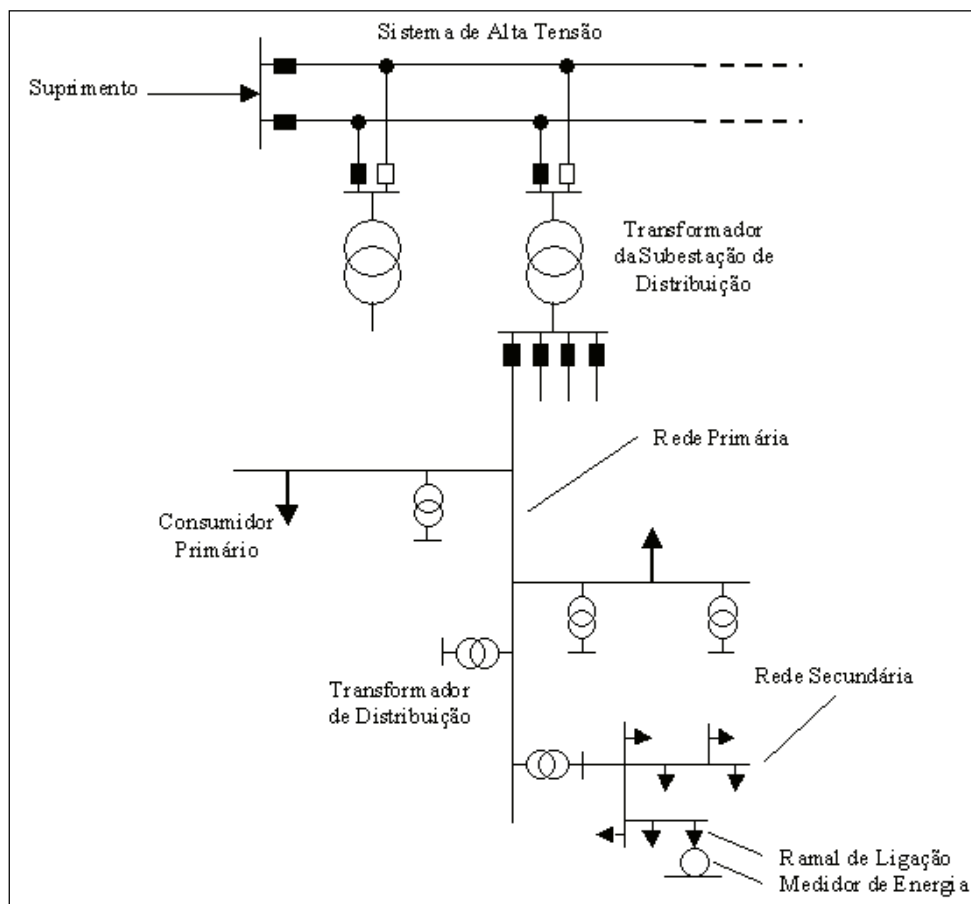


Figura 1 – Segmentos do sistema de distribuição

Fonte: Méffe (2001)

4 PERTEC

O Sistema computacional PERTEC é composto por dois módulos.

O primeiro é denominado módulo PERTEC – Cálculo de Perdas Técnicas por Segmento -, realiza o cálculo detalhado em cada segmento do sistema de distribuição. O software permite quantificar as perdas técnicas de energia e demanda, facilitando identificar as áreas e/ou componentes que apresentam maior contribuição e, conseqüentemente, priorizar ações para redução.

O segundo módulo, denominado Módulo de Balanço de Energia permite avaliar as perdas não técnicas globais do sistema. Com ele é possível realizar o balanço de energia da concessionária e obter o fluxo de energia através do sistema de distribuição e também uma visão geral das perdas técnicas por segmento.

4.1 Metodologia para cálculo das perdas técnicas por segmento

A análise matemática utilizada pelo módulo PERTEC utiliza o Método *Bottom up*. A análise dos segmentos do sistema elétrico é feita de baixo para cima, ou seja, calculam-se, primeiramente, as perdas nos medidores, depois através da aplicação das curvas de carga típicas, dos ramais de serviço e assim sucessivamente até a subestação.

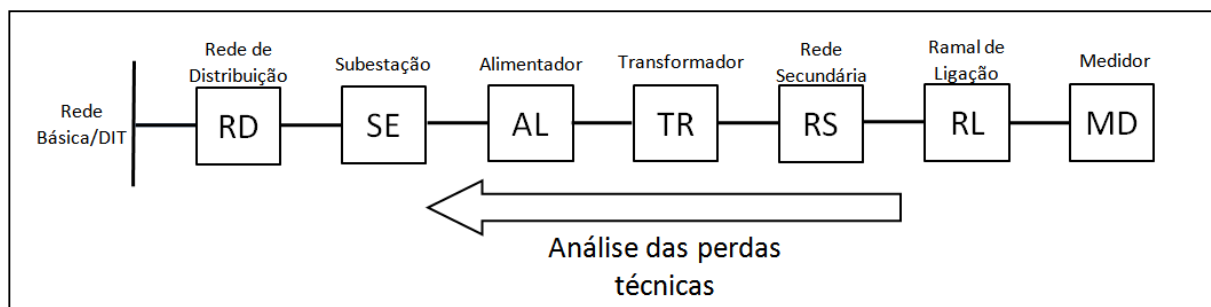


Figura 2 – Método de análise das perdas técnicas por segmento

4.1.1 Medidor de energia

As perdas nos medidores de energia são basicamente devido às perdas no ferro das bobinas de potencial e, desta forma podem ser consideradas aproximadamente constantes, pois independem da carga. Geralmente são utilizados valores médios que variam de 1,2 a 1,5 W por bobina.

4.1.2 Ramais de ligação

Assumindo valores típicos de comprimento e de resistência ôhmica de condutores padronizados, as correntes são calculadas a partir do consumo mensal da instalação consumidora (energia faturada) e de curvas de carga típicas dos consumidores.

4.1.3 Rede secundária

As perdas para a rede secundária são calculadas obtendo os dados da topologia da rede secundária e dos dados de curvas típicas de carga de consumidores residenciais, comerciais e industriais. A avaliação é feita em todos os trechos da rede secundária, por fase, além do carregamento dos transformadores de distribuição. Como na RGE as topologias de rede não são conhecidas, (o cadastro da rede secundária através do projeto GISD ainda não está concluído) a metodologia utilizada para calcular perdas na rede secundária se baseia em cálculo estatístico. A rede secundária é classificada em famílias em função de suas características e para cada família existe um coeficiente de perdas associado que aplicado determina a perda em função da curva característica e do consumo associado.

A determinação das demandas de cada ponto de carga é feita em 96 intervalos de 15 minutos. Para isso, é preciso conhecer as curvas de carga de todos consumidores ligados à rede secundária.

As curvas de carga dos consumidores da RGE foram determinadas através de campanha de medições para a revisão tarifária realizada em 2007.

4.1.4 Transformador

O cálculo de perdas nos transformadores de distribuição é realizado determinando as correntes por fase em cada um de seus terminais.

4.1.5 Alimentador

O cálculo das perdas na rede primária é análoga a apresentada para rede secundária. Na rede primária, parte-se do princípio de que a rede é radial, e representa-se a rede trecho a trecho, por meio dos condutores de fase (fases A, B, C). O cálculo elétrico é feito por meio de fluxo de potência trifásico, com a utilização da metodologia de curvas de carga, com o estabelecimento das correntes em intervalos de 15 minutos.

Para a atribuição da carga às fases da rede primária, são necessários os dados de carregamento dos transformadores de distribuição, dos consumidores primários e da carga de iluminação pública. Para o cálculo do fluxo de potência, é necessário ainda se dispor dos dados de bancos de capacitores, ou seja, ponto de conexão à rede, potência nominal e período de utilização ao longo do dia.

Assim como na rede secundária, o tipo de abordagem adotada no cálculo da rede primária considera os desequilíbrios de correntes, não havendo necessidade de estimar um fator de desequilíbrio.

4.1.6 Subestação

Ao término do cálculo elétrico da rede primária, são obtidos os dados da curva de carga diária (em termos de corrente por fase) do alimentador. A composição das curvas de carga de todos os alimentadores resulta na curva de carga dos transformadores da subestação.

Conhecendo-se o transformador em que cada circuito de uma SE está ligado, determina-se a curva de carga em termos de corrente (por fase) para cada transformador. Em seguida, calcula-se a potência aparente por fase de cada transformador, uma vez que é conhecida a tensão nominal. Assim, obtém-se a curva de potência total trifásica passante em cada transformador da SE.

4.1.7 Linhas de Transmissão

Para o cálculo das perdas nas linhas de alta tensão, é realizado o fluxo de potência para os patamares de carga média, leve e pesada.

Inicialmente se analisa o comportamento das curvas de carga típicas da RGE, obtendo-se uma curva característica para cada mês do ano. Aplica-se então, o cálculo do fluxo de potência para cada patamar (carga leve, média e pesada) individualmente por linha do sistema de transmissão, obtendo-se a perda de demanda (MW) para cada patamar para cada mês do ano.

4.1.8 Outras Perdas

Outros fenômenos que ocorrem na rede de distribuição não são dominados a ponto de estimar suas perdas, são eles: fenômenos transitórios, efeito corona, conexões e contatos, corrente de fuga nos isolamentos dos equipamentos, equipamentos de automação e controle, religadores e transformadores de corrente e potencial. Para consideração destes fenômenos, adota-se 10% nas perdas técnicas calculadas nos demais segmentos.

Considera-se também, através de um valor típico, a resistência de retorno por terra em transformadores monofásicos cujo enrolamento primário está conectado entre um condutor de fase e a terra.

4.2 Estrutura Geral do Sistema Computacional

Para entendimento de como o software trata os dados, a figura 3 apresenta sua estrutura geral:

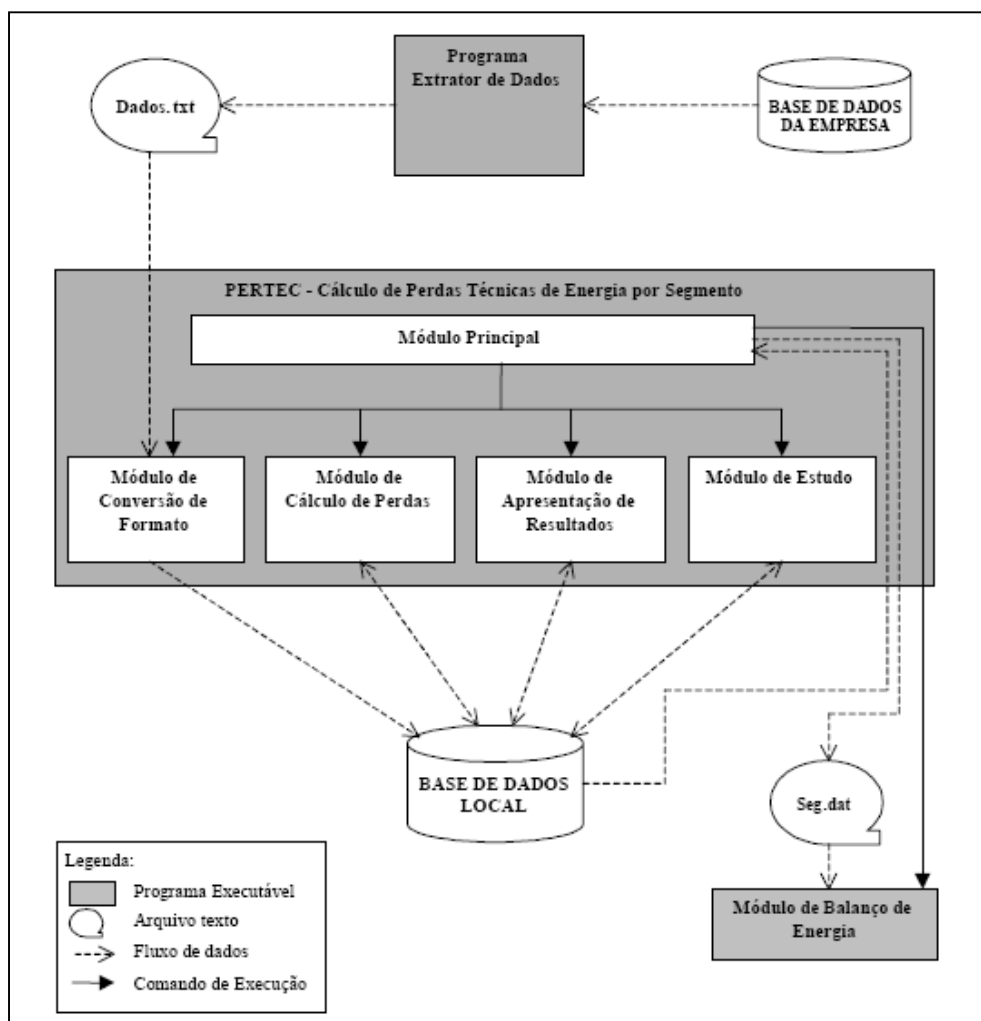


Figura 2 – Estrutura Geral do Software

Fonte: Méffe (2001)

O módulo PERTEC interage com uma Base de Dados Local e possui 5 módulos internos.

O programa extrator de dados importa os dados da base de dados da empresa e gera um arquivo texto com as informações do circuito primário e secundário.

O Módulo Conversor de Formato monta uma Base de Dados Local a partir do arquivo texto no qual o Módulo Cálculo de Perdas acessa. Os resultados dos cálculos de perdas são gravados na Base de Dados Local e podem ser acessados pelo Módulo de Apresentação de Resultados e pelo Módulo de Estudo.

O módulo Apresentação de Resultados realiza a consulta na Base de Dados Local e gera relatórios e o Módulo de Estudo mostra opções de execução de ações na rede visando a diminuição das perdas.

A Base de dados Local armazena dados de cabos, circuitos, subestações e transformadores de subestações. Por último, o Módulo Principal comanda a execução dos módulos internos e também acessa a Base de Dados Local para determinar as perdas percentuais de energia de cada segmento. Os resultados são armazenados em um arquivo texto, que são lidos pelo Módulo Balanço de Energia.

4.3 Resultados

Para estudo dos resultados obtidos, foi escolhida uma base de resultados de julho de 2006 a julho de 2007 da empresa RGE.

Como foi descrito anteriormente, o Módulo Apresentação de Resultados permite obter relatórios detalhados por segmento como pode ser visto na Figura 3.

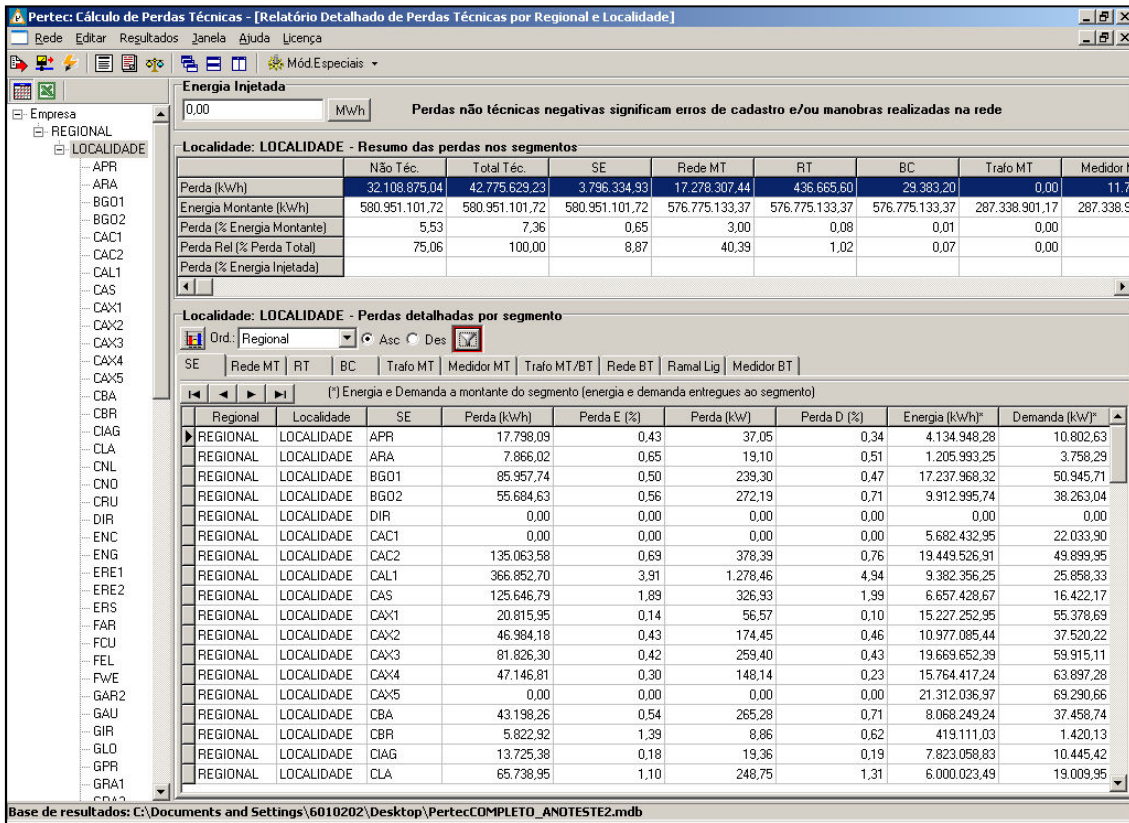


Figura 3 – Relatório detalhado de perdas
Fonte: Software PERTEC

Outro tipo de relatório fornece o histórico de perdas por segmento e por agrupamento, como exemplo, alimentadores da mesma SE. Também é possível realizar comparações com outros meses. Abaixo, pode ser visto, através da Figura 4 e 5, a análise percentual de perdas técnicas por segmento e por alimentadores, agrupados da SE Bento Gonçalves, exibidas através de gráficos.

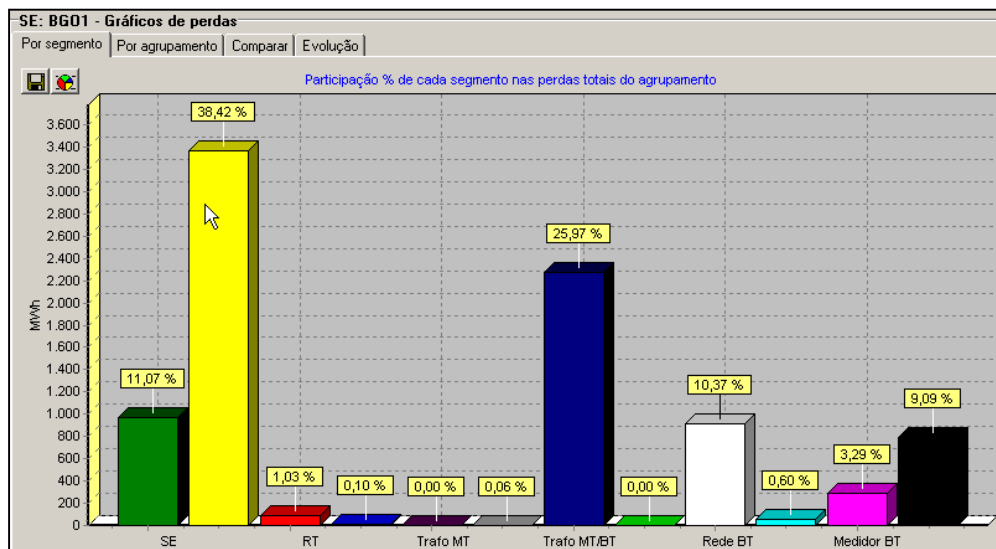


Figura 4 – Relatório detalhado de perdas por segmento
Fonte: Software PERTEC

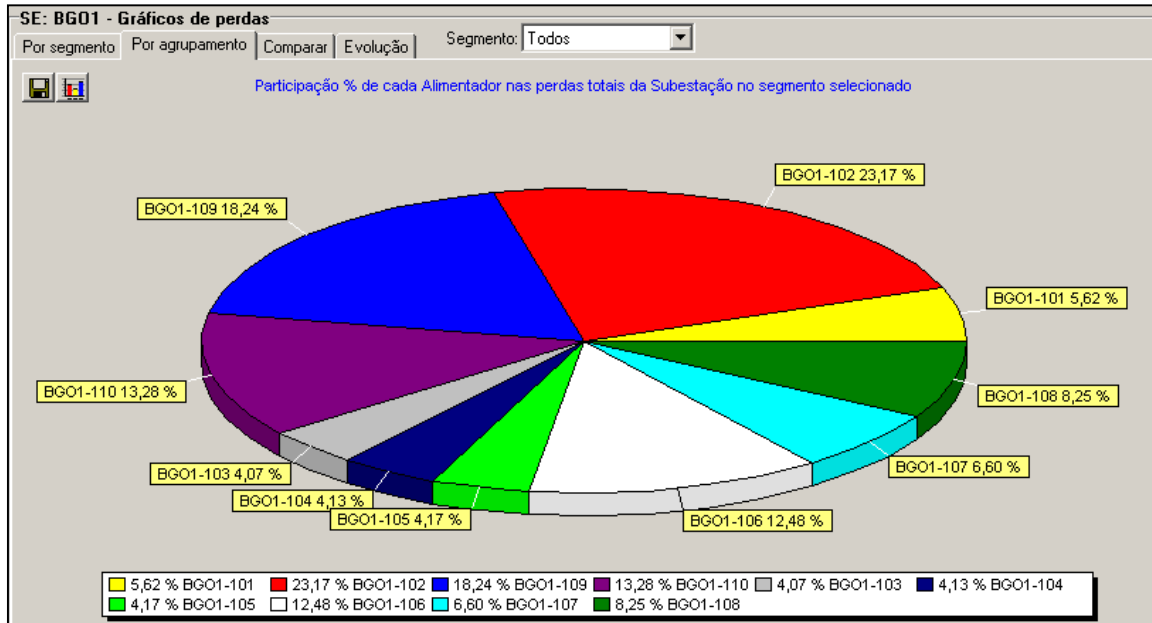


Figura 5 – Relatório detalhado de perdas por agrupamento
Fonte: Software PERTEC

3. Conclusões

Através deste artigo, foram apresentados os conceitos básicos de perdas de energia, sua influência no setor elétrico e as principais características do sistema computacional para análise de perdas técnicas de energia. Durante a utilização do software, pode-se verificar uma ferramenta de grande potencial para análise e controle de perdas. Porém, tratando-se de uma metodologia probabilística, os resultados apresentados contêm incertezas já que alguns fatores foram considerados ideais e outros não considerados. Outro fator agravante foi observado através de alguns estudos realizados com a base de dados da RGE após os resultados. Pode-se verificar que as curvas de carga estimadas a partir do processamento do software não são aderentes, comparadas com a curva de carga de alguns alimentadores. Esta diferença é decorrente de várias situações, como possíveis erros de cadastro da rede ou dos consumidores, diferentes períodos de leitura dos consumidores, ou até mesmo a apropriação de curvas não aderentes ao consumo de alguns consumidores, resultando em consumos faturados mensais referidos a base de tempos diferentes, manobras realizadas no período e não registradas na base de dados, erros de medição e as perdas não técnicas.

De qualquer maneira, o software apresentado realiza as tarefas necessárias para análise de perdas de energia de forma eficiente obtendo-se uma boa aproximação dos resultados desde que a base de dados da empresa tenha confiabilidade.

4. Referências bibliográficas

CALILI, R.F. **Desenvolvimento de sistema para detecção de perdas comerciais em redes de distribuição de energia elétrica**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – PUC-Rio, Rio de Janeiro.

FERREIRA, T.G.L. **Regulamentação das perdas técnicas nos Sistemas de Distribuição**. ANEEL.

MÉFFE, A. **Metodologia para cálculo de perdas técnicas por segmento do sistema de distribuição**. 2001. 152p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

RGE. **Roteiro para cálculo de perdas técnicas**. 2009.