



GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO - GDI

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA E APLICATIVO COMPUTACIONAL DE CÁLCULO SEGMENTADO DO BALANÇO ENERGÉTICO E PERDAS PARA DIRECIONAMENTO DE AÇÕES DE MELHORIA

**DANIEL PEREZ DUARTE(1);BRUNO HIDEKI NAKATA(1);RENAN MACHADO SALES(1);FELIPE KENNDY MATSUZAKI(2)
SINAPSIS(1);IAPTEL INSTITUTO APTEL(2)**

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados do desenvolvimento de metodologia e aplicativo computacional para cálculo segmentado de perdas e balanço energético. Foram realizadas integrações com sistemas da Light para obtenção de dados topológicos e elétricos da rede, dados de medições em equipamentos e informações de energia consumida pelos clientes. O sistema recebe informações de manobras realizadas em campo para aperfeiçoar os resultados de perdas e balanço. Para aperfeiçoamento da distribuição das perdas não técnicas, utilizam-se dados de medições e inspeções realizadas em campo. Os resultados de perdas e balanço são apresentados no software desenvolvido para diferentes segmentos de rede, de acordo com a escolha do usuário.

PALAVRAS-CHAVE

1.0 INTRODUÇÃO

As perdas técnicas são inerentes ao processo de transporte de energia elétrica, relacionadas à transformação de energia elétrica em térmica nos condutores (efeito Joule), perdas nos núcleos de transformadores, perdas dielétricas, entre outros. As perdas técnicas são calculadas conforme metodologia apresentada no módulo 7 do PRODIST (Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional), com a divisão do sistema de distribuição em segmentos e a aplicação de modelos específicos para cada segmento.

As perdas não técnicas ou perdas comerciais correspondem às demais perdas associadas ao sistema elétrico, causadas normalmente por problemas relacionados à falta de faturamento da energia distribuída. O cálculo de perdas não técnicas por parte da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) é feito pela diferença entre as perdas totais e as perdas técnicas. Os limites regulatórios de perdas não técnicas são calculados conforme regras definidas no submódulo 2.6 do PRORET (Procedimentos de Regulação Tarifária), que aplica uma metodologia de comparação de desempenho das distribuidoras, observando critérios de eficiência e as características socioeconômicas de cada área de concessão.

Sendo parte da composição da tarifa de energia, o valor das perdas técnicas repassadas ao consumidor final fica limitado ao valor estabelecido pela ANEEL. Dessa maneira, a redução de perdas comerciais torna-se essencial para a distribuidora de energia, pois permite aumentar a rentabilidade da empresa e diminuir o custo de energia ao consumidor final.

Nesse cenário, o presente projeto propõe o desenvolvimento de metodologia e aplicativo computacional para cálculo aperfeiçoado de balanço energético e perdas no sistema de distribuição. Foram realizadas integrações com diversos sistemas da Light para obtenção de dados topológicos e elétricos da rede, dados de medições em equipamentos e informações de energia consumida pelos clientes. Além disso, o sistema recebe informações de manobras realizadas em campo para aperfeiçoar os resultados das perdas técnicas. Para a distribuição das perdas não técnicas, o ajuste de demanda considera informações de inspeções de fraude realizadas em campo, além de dados de medições realizados no início dos alimentadores e em outros pontos da rede. Os resultados das perdas e do balanço de energia são apresentados em diferentes segmentos de rede (rede completa, subestações, regionais, alimentadores etc.), de acordo com a escolha do usuário.

O software desenvolvido possui interface amigável e diversas funcionalidades para apresentação dos resultados de perdas e balanço energético.

Para validação da metodologia e do software desenvolvidos no projeto, foram realizados dois estudos de caso. Enquanto o primeiro abrangeu dados de uma subestação da Light (Mena Barreto), o segundo englobou toda a área de concessão da empresa.

Este trabalho foi financiado pela LIGHT S.A., através do projeto denominado "Desenvolvimento de Metodologia e Aplicativo Computacional de Cálculo Segmentado do Balanço Energético e Perdas para Direcionamento de Ações de Melhoria", código ANEEL PD-00382-0119/2018.

2.0 METODOLOGIA

A metodologia empregada no projeto é apresentada de maneira resumida na Figura 1.

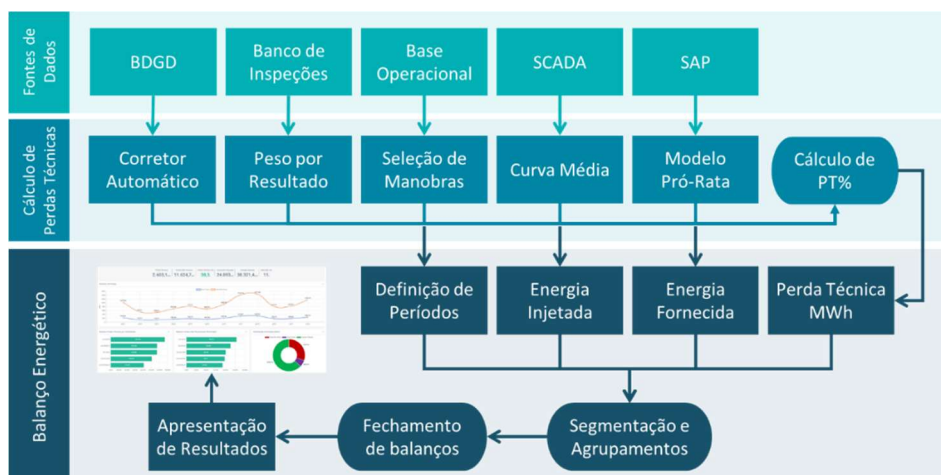


Figura 1: Metodologia empregada no projeto

Em relação às fontes de dados, as informações topológicas e elétricas da rede de distribuição da Light são obtidas através de integração com o sistema BDGD. Após a importação, realiza-se um processo de validação e correção das informações cadastrais, cuja metodologia é similar àquela empregada pela ANEEL para cálculo de perdas técnicas. Pelo fato da base de dados do BDGD ser consolidada anualmente pela distribuidora, foi prevista na metodologia a atualização do estado das chaves instaladas em campo, visando viabilizar o cálculo mensal de balanço energético e perdas estipulado no projeto.

Através de integração com o sistema SAP utilizado pela Light, são obtidas informações das energias medida e faturada dos consumidores, além da data de medição. Como a medição dos consumidores é realizada em diferentes datas, aplica-se a metodologia pró-rata, apresentada na Figura 2, para equalização das energias de todos os consumidores em um mesmo mês civil.

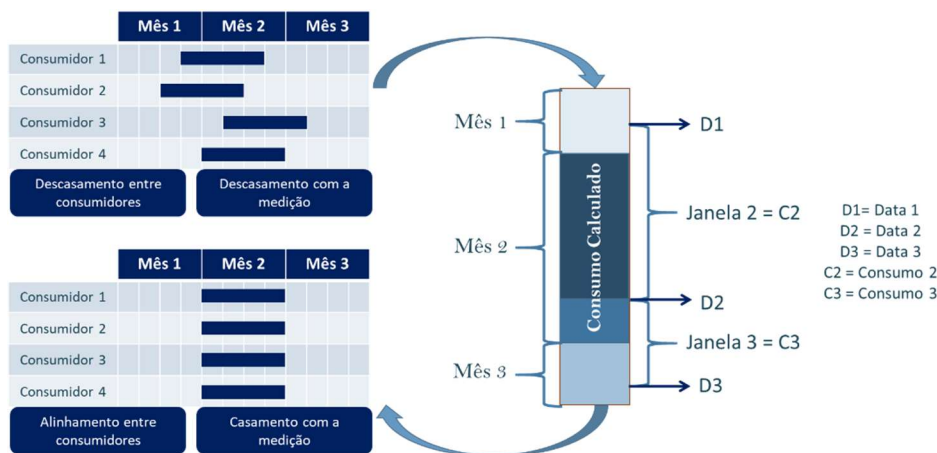


Figura 2: Metodologia para equalização das energias em um mesmo mês civil

De posse dessas informações, além das curvas típicas dos consumidores obtidas de campanhas de medições, o sistema desenvolvido calcula as curvas de demanda dos consumidores e atualiza esses valores na rede corrigida do BDGD.

O cálculo de perdas técnicas proposto pela ANEEL aplica o método bottom-up para o segmento de média tensão (SDMT), iniciando o cálculo do nível mais baixo de tensão até chegar ao nível de subestação (SED). Essa metodologia pode ser resumida nos seguintes passos de cálculo:

- Cálculo de perdas nos medidores dos consumidores conectados ao sistema de baixa tensão (SDBT) de acordo com a energia passante e o tipo de medidor (eletrônico ou eletromecânico);
- Cálculo de perdas técnicas em todo o sistema SDBT, transformadores de distribuição e sistema SDMT, através de fluxo de potência;

- Valores de perdas não técnicas obtidos a partir da diferença entre a energia medida na saída dos alimentadores com a somatória das energias faturadas de todos os consumidores e das perdas técnicas calculadas;
- Processo iterativo de alocação das perdas não técnicas de forma proporcional na rede, para o cálculo de perdas técnicas devido às perdas não técnicas.

Em relação ao método ANEEL para cálculo de perdas técnicas, a metodologia utilizada no projeto apresenta as diferenças apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Comparação entre metodologias para cálculo de perdas técnicas

| | Módulo 7 Prodist | Metodologia do Projeto |
|--|--|--|
| Cargas | Ativo: 50% Z cte e 50% P cte Reativo: 100% Z cte Curvas da Revisão Tarifária | Ativo: 50% Z cte e 50% P cte Reativo: 100% Z cte Curvas da Revisão Tarifária |
| Medidor | Eletrônicos 0,5 W Eletromecânicos 1,0 W Utiliza o percentual de cada tipo N° de elementos conforme fases ligadas | Valores fornecidos pelo usuário Utiliza o percentual de cada tipo N° de elementos conforme fases ligadas |
| Ramal de ligação | Conforme cadastro, limitado a 30 m no máximo Resistência dos cabos conforme tabela do Prodist Módulo 7, Anexo II, pág. 25 | Conforme cadastro, valor limite definido pelo usuário Resistência da lista de condutores associados com ramaís de ligação |
| SDBT | Resistência dos cabos conforme tabela do Prodist Módulo 7, Anexo II. | Resistência conforme cadastro no GIS |
| Transformador de Distribuição | Perdas conforme tabela do Prodist Módulo 7, Anexo I. | Perdas conforme cadastro no GIS |
| SDMT | Resistência dos cabos conforme tabela do Prodist Módulo 7, Anexo II. | Resistência conforme cadastro no GIS |
| Monofásico com retorno pela terra (MRT) | Resistência de aterramento de 15 Ω | Resistência de aterramento conforme cadastro no GIS |
| Fator de Potência | Valor adotado de 0,92 (imposto nas curvas de carga) | Valor real (dado pelas curvas de carga) |
| SED | Tap fornecido Dados de placa de perdas Perda média e CP | Tap fornecido Dados de placa de perdas Cálculo por fluxo de potência |
| Ajuste de Demanda na saída da SED | Pela energia mensal | Pela corrente medida no horário de pico |
| Fluxo de Potência | Newton-Raphson desequilibrado sem neutro | Newton-Raphson desequilibrado com neutro (se existir) |
| GD | Não devem ser consideradas no fluxo de potência | Podem ser consideradas no fluxo de potência se as curvas de despacho forem fornecidas |
| Redes atípicas | Não calculadas | Calculadas, se houver dados |

A utilização de informações de manobras realizadas em campo caracteriza um dos principais fatores de originalidade da metodologia e do software desenvolvidos. O cálculo de perdas técnicas proposto pela ANEEL considera uma topologia estática da rede para todo o ano estudado. Dessa maneira, transferências de carga realizadas através de manobras de abertura e fechamento de chaves na rede, que podem alterar consideravelmente os resultados de balanço energético e perdas, não são capturadas por esse modelo.

A metodologia proposta considera informações de manobras de abertura e fechamento de chaves, obtidas do sistema GDIS da Light. A partir desses dados, para cada alimentador de distribuição, o software elenca até 3 manobras consideradas significativas durante o mês de análise. Uma manobra significativa foi definida como uma transferência de carga de pelo menos 10% da carga instalada no alimentador, durante um período igual ou superior a 6 horas. Sabendo-se as manobras significativas e o período em que permaneceram na rede, realiza-se o cálculo de fluxo de potência para obtenção da energia injetada e das perdas técnicas para cada alimentador.

A partir dos valores calculados de energia injetada e perdas técnicas, realiza-se um ajuste de demanda para obtenção dos valores finais de balanço energético e perdas, utilizando dados de medições provenientes do sistema SCADA. Essa etapa é importante para corrigir problemas existentes no cadastro da rede e de consumidores através da utilização de medições de potência (ou corrente) existentes na saída dos alimentadores e em outros pontos da rede. Os arquivos de medições mensais do SCADA são utilizados para obter a curva média de demanda e a energia injetada medida em cada alimentador. Emprega-se uma metodologia de clusterização das medições e expurgo de valores inadequados para obtenção da curva média de demanda.

Como resultado do ajuste de demanda, são obtidos os valores de consumo total e perdas técnicas ajustados. A partir desses valores, realiza-se o cálculo de perdas não técnicas e de balanço energético para cada circuito.

Pelo fato das distribuidoras no Brasil contarem, na maioria dos casos, apenas com medições mensais dos consumidores de baixa tensão, além da realidade existente no país de elevadas perdas não técnicas nos sistemas elétricos, observa-se uma grande diferença entre as medições no lado do consumidor com a entrada dos alimentadores. Ciente dessa realidade, a metodologia proposta para ajuste de demanda considera também dados de inspeções realizadas em campo para distribuição das perdas não técnicas, visando obter maior precisão nos resultados obtidos.

Os resultados obtidos por alimentadores são posteriormente agregados para obtenção do balanço energético para os demais segmentos de rede: subestações, regionais e rede completa da Light.

3.0 APLICATIVO COMPUTACIONAL

Nesta seção serão apresentados os principais resultados obtidos em relação ao software desenvolvido no projeto. A tela principal (home) do software é apresentada na Figura 3. Na parte superior são apresentados os resultados numéricos para a rede completa da Light referentes ao último mês calculado: perda técnica total, perda não técnica total, porcentagem de perda técnica em relação à energia injetada na rede, consumo faturado, energia injetada e porcentagem das redes que foram calculadas (mercado). Na parte central da tela há um histórico de perdas técnicas e perdas não técnicas para os últimos 12 meses calculados. Na parte inferior, são disponibilizados gráficos dos circuitos com maiores perdas técnicas (esquerda) e maiores perdas não técnicas (centro), além de um gráfico com o balanço energético para a rede completa (direita).

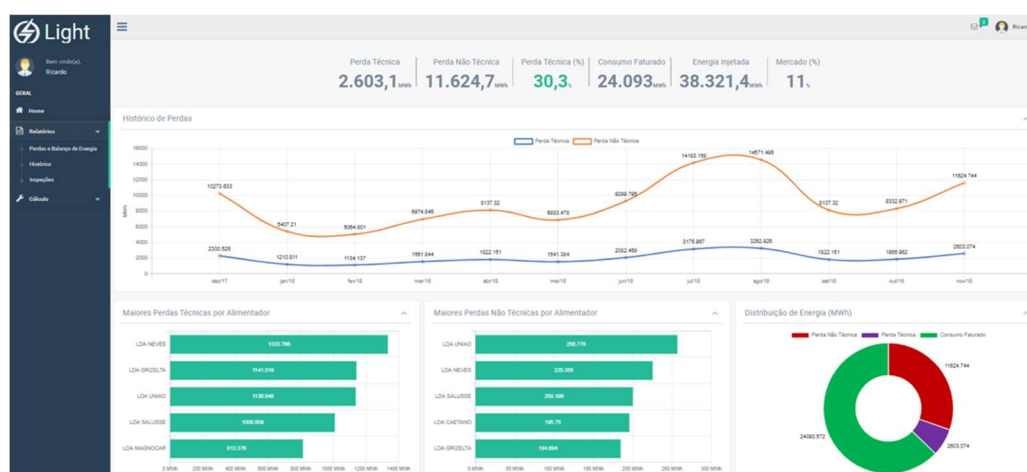


Figura 3: Tela principal do software

Na opção de relatórios no menu lateral, o usuário pode acessar a tela “perdas e balanço de energia”. Nessa tela, são apresentados os resultados de perdas para o último mês calculado, sendo que o usuário pode escolher a segmentação de rede para visualização: alimentadores, subestações, regionais ou rede completa. Na Figura 4, apresentam-se os resultados para uma das subestações da LIGHT. Na parte superior da tela é possível visualizar a topologia dos alimentadores dessa subestação, com os resultados calculados sendo apresentados em formato de tabela na parte inferior.

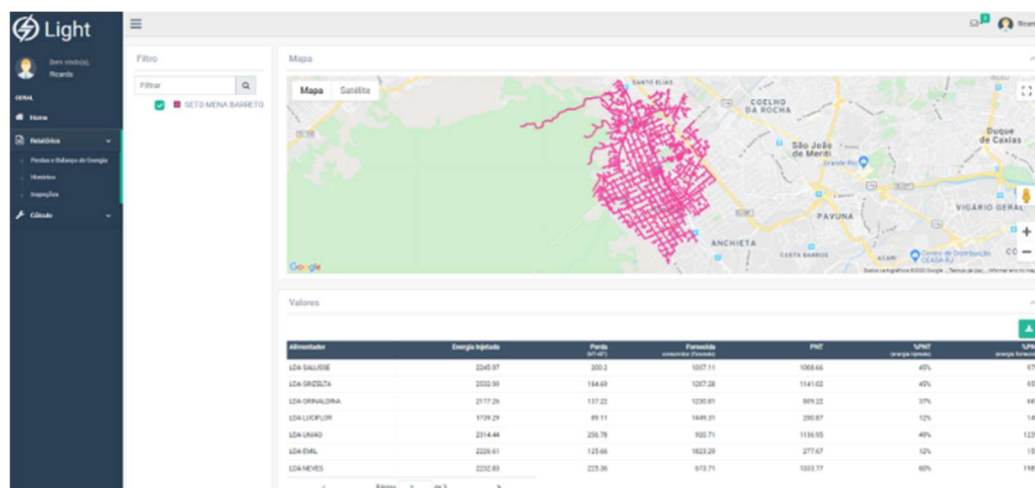


Figura 4: Tela com resultados de perdas e balanço energético para uma subestação

Ainda na opção de relatórios, o usuário tem a opção de visualizar o histórico de cálculo de balanço energético e perdas de um período para um determinado segmento de rede (Figura 5). As informações de energia injetada, perdas técnicas e perdas não técnicas são apresentadas em formato de linha contínua e de barras.

As informações de inspeções realizadas em campo, além de serem aplicadas no cálculo de ajuste de demanda para o aperfeiçoamento da distribuição das perdas não técnicas na rede, são apresentadas de maneira georreferenciada e através de gráficos na tela “inspeções” do software, conforme apresentado na Figura 6. Os consumidores são classificados com a cor verde (comprovação de furto de energia), amarelo (comprovação de irregularidade no medidor), verde (consumidor sem irregularidade) e cinza (não inspecionado).

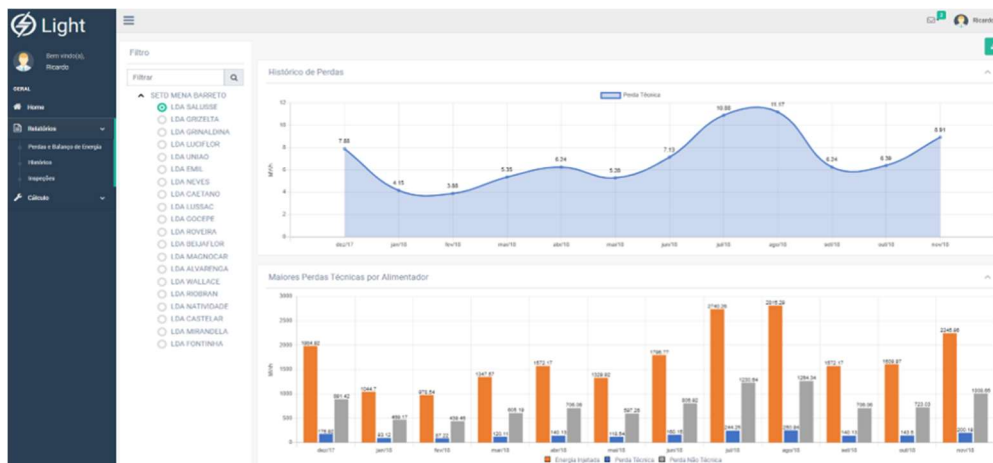


Figura 5: Histórico de balanço energético e perdas para um determinado segmento da rede

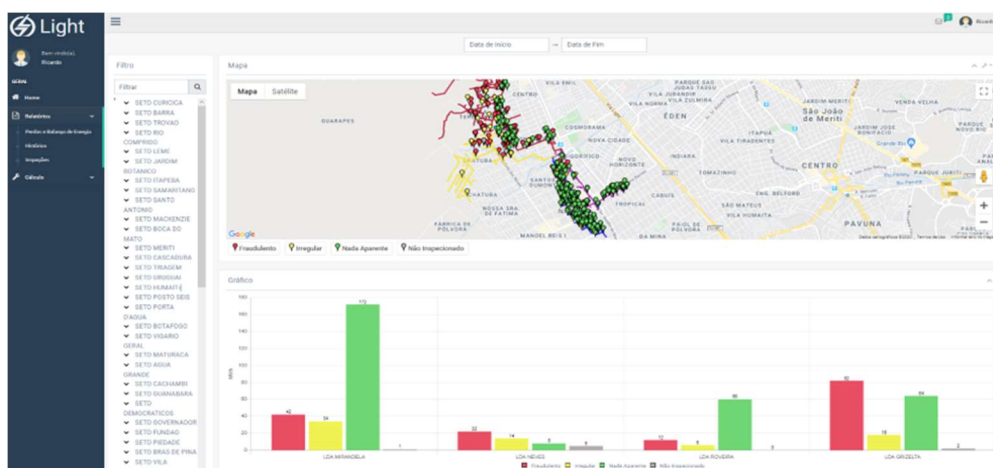


Figura 6: Informações sobre resultados das inspeções realizadas em campo

4.0 ESTUDO DE CASO

Para validação da metodologia e do software desenvolvidos no projeto, foram realizados dois estudos de caso. Enquanto o primeiro abrangeu dados de uma subestação da Light (Mena Barreto), o segundo englobou toda a área de concessão da empresa. Os resultados são apresentados a seguir.

4.1 – Estudo Piloto para a Subestação Mena Barreto

Para o primeiro estudo piloto, foram escolhidos os alimentadores da subestação Mena Barreto, apresentados na figura 10, com dados referentes ao mês de novembro de 2018.

Os resultados obtidos para o cálculo de perdas e balanço energético (sem considerar manobras na rede) são apresentados na Tabela 2, sendo:

- Energia injetada: energia total injetada em cada um dos alimentadores da subestação Mena Barreto;
- PT (MT + BT): Perdas técnicas totais nas redes de média e baixa tensão para cada alimentador;
- Energia fornecida faturada: energia faturada pelos consumidores em cada alimentador;
- PNT: Perdas não técnicas;

- PT devido PNT: Perdas técnicas decorrentes das perdas não técnicas;
- %PNT: porcentagem de perdas não técnicas em relação à energia injetada para cada alimentador.

Os resultados mostram que há alimentadores com altos índices de perdas comerciais. Parte desta energia é justificável pela realidade do estado do Rio de Janeiro. Entretanto, seguindo os modelos tradicionais de cálculo de perdas utilizados no Brasil, todas as mudanças topológicas ocorridas durante o período de cálculo não foram contabilizadas. Apesar de diversas manobras na rede não causarem impacto insignificativo para perdas, há casos de manobras de longa duração com transferência de grandes montantes de carga que influenciam consideravelmente nos resultados. Dessa maneira, na etapa seguinte do estudo de caso, considerou-se manobras significativas executadas na rede, de forma a abater as energias de cargas manobradas dos valores que estavam sendo considerados como perdas não técnicas.

Tabela 2: Resultados obtidos para os alimentadores da subestação Mena Barreto

| Alimentador | Energia Injetada | PT (MT+BT) | Energia Fornecida (Faturada) | PNT | PT devido PNT | % PNT (Energia Injetada) |
|----------------|------------------|------------|------------------------------|----------|---------------|--------------------------|
| LDA SALUSSE | 2.245,97 | 200,20 | 1.037,11 | 1.008,66 | 134,10 | 45% |
| LDA GRIZELTA | 2.532,99 | 184,69 | 1.207,28 | 1.141,02 | 123,04 | 45% |
| LDA GRINALDINA | 2.177,26 | 137,22 | 1.230,81 | 809,22 | 75,31 | 37% |
| LDA LUCIFLOR | 1.739,29 | 89,11 | 1.449,31 | 200,87 | 16,10 | 12% |
| LDA UNIAO | 2.314,44 | 256,78 | 920,71 | 1.136,95 | 191,49 | 49% |
| LDA EMIL | 2.226,61 | 125,66 | 1.823,29 | 277,67 | 25,53 | 12% |
| LDA NEVES | 2.232,83 | 225,36 | 673,71 | 1.333,77 | 178,64 | 60% |
| LDA CAETANO | 1.970,70 | 195,75 | 1.069,29 | 705,66 | 123,72 | 36% |
| LDA LUSSAC | 2.144,21 | 74,16 | 1.597,55 | 472,50 | 20,05 | 22% |
| LDA GOCEPE | 1.935,36 | 135,93 | 1.287,62 | 511,80 | 54,45 | 26% |
| LDA ROVEIRA | 1.303,99 | 39,32 | 1.144,43 | 120,24 | 7,24 | 9% |
| LDA BEIJAFLO | 1.970,85 | 113,60 | 1.330,32 | 526,93 | 51,31 | 27% |
| LDA MAGNOCAR | 2.048,86 | 148,98 | 1.086,50 | 813,38 | 88,28 | 40% |
| LDA ALVARENGA | 2.019,90 | 154,79 | 1.144,18 | 720,92 | 87,81 | 36% |
| LDA WALLACE | 1.897,87 | 115,16 | 1.205,45 | 577,26 | 53,45 | 30% |
| LDA RIOBRAN | 1.326,93 | 62,79 | 1.193,15 | 70,99 | 6,43 | 5% |
| LDA NATIVIDADE | 1.361,30 | 62,17 | 1.081,35 | 217,77 | 18,72 | 16% |
| LDA CASTELAR | 1.691,47 | 106,69 | 1.076,85 | 507,92 | 47,46 | 30% |
| LDA MIRANDELA | 1.908,11 | 90,67 | 1.604,10 | 213,35 | 16,10 | 11% |
| LDA FONTINHA | 1.272,47 | 84,04 | 930,55 | 257,88 | 34,69 | 20% |

Para verificar a influência das manobras nos resultados, analisou-se uma ocorrência que acarretou o desligamento completo do alimentador Alvarenga, cuja carga foi transferida para os alimentadores Beija Flor e Wallace durante aproximadamente 12 horas. Na Figura 7, a primeira ilustração (esquerda) apresenta a topologia dos circuitos envolvidos nessa ocorrência: Alvarenga (vermelho), Wallace (amarelo) e Beija Flor (verde). Na ilustração central, é possível observar o trecho 1, transferido para o alimentador Beija Flor, e o trecho 2, transferido para Wallace. Por fim, na terceira figura (direita) é possível observar a nova topologia dos circuitos após as manobras realizadas na rede.

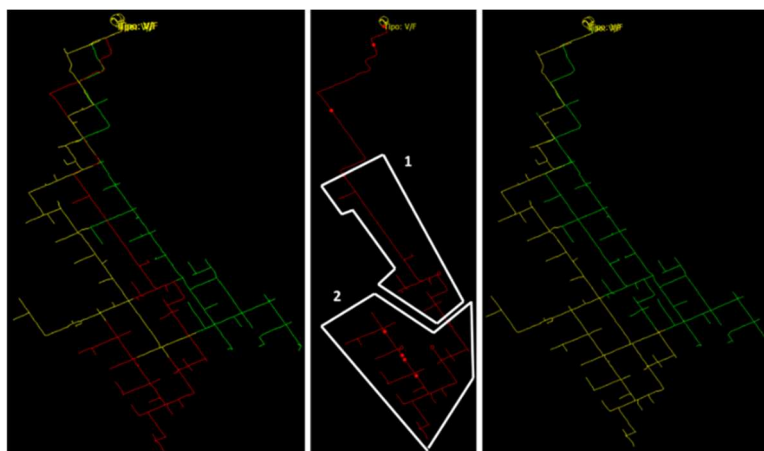


Figura 7: topologia dos circuitos antes e depois das manobras

Restringindo a análise apenas ao dia da ocorrência, é possível observar claramente a influência da consideração das manobras nos resultados. Conforme apresentado na Figura 8, gráfico à esquerda, a energia efetivamente fornecida

ao alimentador Beija Flor foi de 44,37 MWh (sem manobras) para 60,75 MWh (com manobras), um aumento de 16,38 MWh (36,9%). De maneira semelhante, a energia efetivamente fornecida aos consumidores do alimentador Wallace subiu 17,18 MWh (42,7%) para o caso considerando as manobras. No gráfico à direita da Figura 8, é possível observar a queda sensível obtida nos valores de perdas não técnicas para os dois circuitos no caso considerando as manobras.

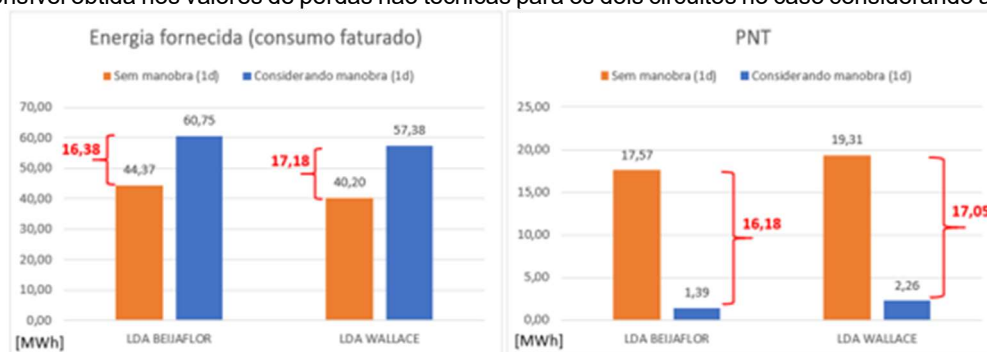


Figura 8: Comparação dos valores de energia fornecida e perdas não técnicas, sem manobras e com manobras

4.2 – Estudo Piloto para a Rede Completa da Light

Para a realização do estudo de caso considerando a rede completa da Light, foram utilizadas as informações apresentadas na Figura 9.



Figura 9: Dados utilizados no estudo de caso 2

Do total de 1781 alimentadores importados do BDGD, foram excluídos do estudo alimentadores com valores zerados (sem cálculo possível) e alimentadores cujo resultado de balanço foi considerado inconsistente (perdas negativas ou outliers). Por fim, para viabilizar a comparação com os resultados de perdas e balanço realizados pela Light e disponibilizados em formato de planilha, foram considerados no estudo apenas os 591 alimentadores que constavam tanto no BDGD quanto na planilha.

Durante o processo de importação e validação das informações provenientes dos sistemas SAP e BDGD, foram encontradas diferenças em relação ao número de consumidores e energia fornecida medida, que influenciam nos resultados obtidos. Essas diferenças são apresentadas na

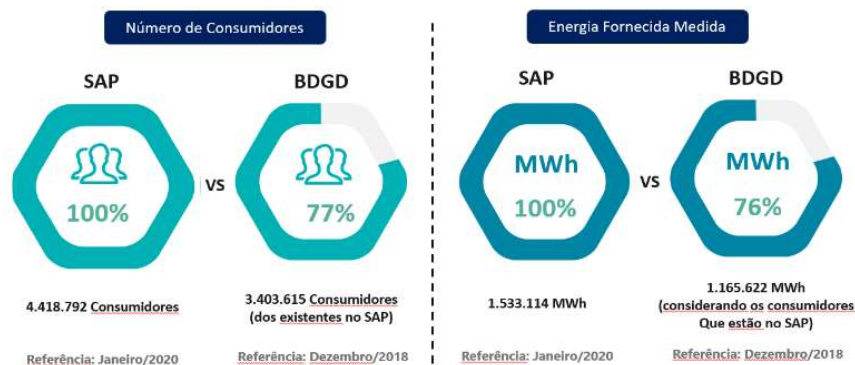


Figura 10: Diferença entre dados do SAP e BDGD

No estudo de caso, foram calculados os valores de perdas técnicas, perdas não técnicas e energia fornecida para quatro casos distintos:

- Caso 1: Energia faturada aplicando metodologia pró-rata;
- Caso 2: Energia medida aplicando metodologia pró-rata;
- Caso 3: Energia faturada sem metodologia pró-rata;
- Caso 4: Energia medida sem metodologia pró-rata.

Observou-se inicialmente uma diferença elevada nos resultados de energia fornecida e perdas não técnicas para todos os casos, quando comparados aos valores de referência da Light. Porém, devem ser considerados erros devido ao descasamento entre informações dos sistemas SAP e BDGD, além da ausência de dados de consumidores livres e de iluminação pública. Levando-se em conta esses fatores, foram obtidos os valores finais do estudo, apresentados na Figura 11.

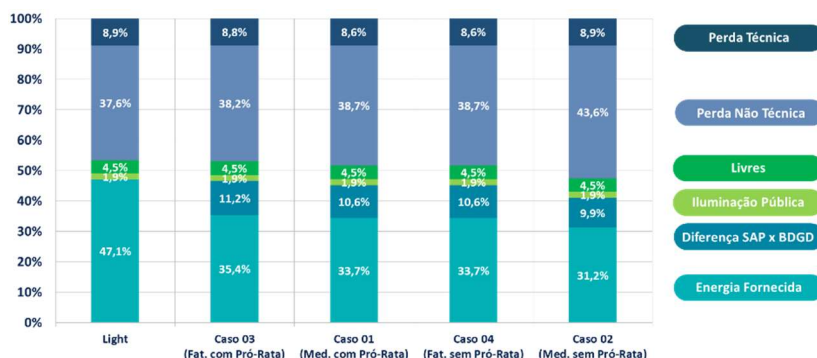


Figura 11: Resultados do estudo de caso

Como era esperado, os casos 1 e 3, que utilizam a metodologia pró-rata para equalização das energias, apresentaram resultados mais consistentes do que os obtidos nos casos 2 e 4, que não aplicam essa metodologia. Os valores elevados de perdas não técnicas em todos os casos refletem a realidade da área de concessão da Light. Ademais, os resultados obtidos são consistentes quando comparados aos valores de referência calculados pela Light, o que comprova a eficácia da metodologia e do software desenvolvidos.

5.0 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou a metodologia e os resultados obtidos no projeto intitulado "Desenvolvimento de Metodologia e Aplicativo Computacional de Cálculo Segmentado do Balanço Energético e Perdas para Direcionamento de Ações de Melhoria", código ANEEL PD-00382-0119/2018.

A partir de integrações com diversos sistemas legados da LIGHT, o sistema realiza o cálculo de balanço energético e perdas para diversos segmentos de rede, sendo eles: alimentadores, subestações, regionais e rede completa. O principal fator de originalidade do projeto consiste na obtenção de dados de manobras de abertura e fechamento de chaves nas redes de distribuição para transferência de carga, ao invés de considerar a rede estática obtida anualmente do BDGD da distribuidora.

Além disso, a metodologia considera também informações de inspeções realizadas em campo para realizar o ajuste de demanda das cargas, possibilitando assim uma distribuição mais fiel das perdas não técnicas existentes na rede.

Como resultados do projeto, inicialmente foram apresentadas as telas do software desenvolvido no projeto. Para validação da metodologia implementada no sistema, realizaram-se dois estudos de caso, o primeiro considerando dados de uma subestação da Light, e o segundo considerando a rede completa da concessionária. Os resultados obtidos mostraram a influência das manobras nos valores obtidos de perdas e balanço, além de provarem a eficácia da metodologia e do software desenvolvidos.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MESSINIS, George M.; HATZIARGYRIOU, Nikos D. Review of non-technical loss detection methods. *Electric Power Systems Research*, v. 158, p. 250-266, 2018.
- [2] SALINAS, Sergio; LI, Ming; LI, Pan. Privacy-preserving energy theft detection in smart grids: A P2P computing approach. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, v. 31, n. 9, p. 257-267, 2013.
- [3] PENIN, CA de S. Combate, prevenção e otimização das perdas comerciais de energia elétrica. São Paulo, 2008.
- [4] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Metodologia de Cálculo Tarifário da Distribuição – Perdas de Energia. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/metodologia-distribuicao/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/perdas/654800?inheritRedirect=false>. Acesso em 22/03/2019.
- [5] COMETTI, E. S.; VAREJÃO, F. M. Melhoramento na identificação de perdas comerciais através da análise computacional inteligente do perfil de consumo e dos dados cadastrais de consumidores. Relatório final de projeto de P&D, ciclos, v. 2004, 2003.
- [6] NAGI, J. et al. NTL detection of electricity theft and abnormalities for large power consumers in TNB Malaysia. In: 2010 IEEE Student Conference on Research and Development (SCORED). IEEE, 2010. p. 202-206.
- [7] NIZAR, A. H. et al. A data mining based NTL analysis method. In: 2007 IEEE Power Engineering Society General Meeting. IEEE, 2007. p. 1-8.
- [8] HAN, Wenlin; XIAO, Yang. A novel detector to detect colluded non-technical loss frauds in smart grid. *Computer Networks*, v. 117, p. 19-31, 2017.
- [9] NIKOVSKI, Daniel Nikolaev et al. Smart meter data analysis for power theft detection. In: International Workshop on Machine Learning and Data Mining in Pattern Recognition. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013. p. 379-389.
- [10] HANDSCHIN, Edmund et al. Bad data analysis for power system state estimation. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, v. 94, n. 2, p. 329-337, 1975.
- [11] JOKAR, Paria; ARIANPOO, Nasim; LEUNG, Victor CM. Electricity theft detection in AMI using customers' consumption patterns. *IEEE Transactions on Smart Grid*, v. 7, n. 1, p. 216-226, 2015.

DADOS BIOGRÁFICOS



Graduado em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Potência pela Universidade Mackenzie (2003), Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (2008) e Doutorado em Engenharia Elétrica também pela Universidade de São Paulo (2013). Experiência consolidada em consultoria em sistemas de distribuição, particularmente nas áreas de Smart Grids, Planejamento, Automação Avançada da Distribuição (ADA), Sistemas de Proteção, bem como em projetos de sistemas de proteção, controle e serviços auxiliares de usinas e subestações. Atualmente é Diretor Executivo da Sinapsis Inovação em Energia, empresa especializada em fornecer e adaptar soluções inovadoras ao mercado de energia.

- | | | |
|--|-----------------|--------|
| (2) | BRUNO HIDEKI | NAKATA |
| Possui graduação em Engenharia Elétrica - Ênfase em Energia e Automação pela Universidade de São Paulo (2011) e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (2017). Atualmente é engenheiro pesquisador e | | |

coordenador de projetos, com experiência nas seguintes áreas: sistemas elétricos de potência, transmissão e distribuição de energia, cálculo de perdas regulatórias, automação e proteção de sistemas elétricos, smart grids, gestão de ativos, redes subterrâneas e redes inteligentes.

(3) RENAN MACHADO SALES
Renan Machado Sales graduado em Engenharia Elétrica - Ênfase em Sistemas de Potência pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (2018). Engenheiro da Sinapsis Inovação em Energia. Possui experiência nas áreas de Planejamento e Proteção da Distribuição, dentre os principais projetos: Consultoria de proteção das redes de distribuição para Cooperzem; projeto de P&D intitulado "Desenvolvimento de Metodologia e Aplicativo Computacional de Cálculo Segmentado do Balanço Energético e Perdas para Direcionamento de Ações de Melhoria" da Light. Atualmente atua no projeto intitulado "Corredor verde e postos de carregamento urbano para avaliação de desempenho de veículos híbridos e elétricos" do grupo Neoenergia.

(4) FELIPE KENNDY MATSUZAKI
Graduado em Engenharia Elétrica com Ênfase em Energia e Automação pela Universidade de São Paulo (2014). Atualmente é engenheiro pesquisador da FDTE, engenheiro pesquisador pelo iAPTEL, engenheiro pesquisador do CEAC e engenheiro pesquisador na Sinapsis Inovação em Energia. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Transmissão e Distribuição da Energia Elétrica, programação orientada à objetos e desenvolvimento de software. Participou de projetos de P&D e consultoria na área de distribuição de energia elétrica, nesses projetos realizou o desenvolvimento de partes do software, integração de sistemas e processamento de dados.