



Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI DR BA
Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC
Curso de Especialização em Engenharia do Sistema de Distribuição de
Energia Elétrica

ELIAS MIGUEL ANTAR FILHO

ESTUDO DE AVALIAÇÃO DE COMPENSAÇÃO PAGA POR
VIOLAÇÃO DE DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO

SALVADOR-BA

2012

ELIAS MIGUEL ANTAR FILHO

**ESTUDO DE AVALIAÇÃO DE COMPENSAÇÃO PAGA POR
VIOLAÇÃO DE DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, como exigência à obtenção do título de Especialista em Engenharia do Sistema de Distribuição de Energia Elétrica.

Orientador: Prof. Júlio César Xavier Chiaradia.

SALVADOR-BA
2012
SENAI-CIMATEC

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca da Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec

A627e

Antar Filho, Elias Miguel

Estudo de avaliação de compensação paga por violação de desequilíbrio de tensão /
Elias Miguel Antar Filho. 2012.

52f.; il.; color.

Orientador: Prof. Júlio Cesar Xavier Chiaradia

Monografia (Especialização em Engenharia do Sistema de Distribuição de
Energia Elétrica) – Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Tecnologia Senai -
CIMATEC, Salvador, 2012.

1. Energia elétrica. 2. Desequilíbrio de tensão. 3. Qualidade de energia. 4.
Pagamento de compensação. 5. Violação de indicador - Qualidade de energia
elétrica. I. Faculdade de Tecnologia Senai-CIMATEC. II. Chiaradia, Júlio Cesar
Xavier. III. Título.

CDD: 351.8722

ELIAS MIGUEL ANTAR FILHO

**ESTUDO DE AVALIAÇÃO DE COMPENSAÇÃO PAGA POR VIOLAÇÃO DE
DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO**

Trabalho apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia do Sistema de Distribuição de Energia Elétrica, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC.

Aprovado em 13 de maio de 2013.

Banca Examinadora

Júlio César Xavier Chiaradia – Orientador _____

Especialista em Empresas de Energia Elétrica pela Fundação Getúlio Vargas,
Salvador, Brasil

Gustavo Bernardo Paez Ortega _____

Mestre em Regulação da Indústria de Energia pela Universidade Salvador -
UNIFACS, Salvador, Brasil

Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

Eduardo Andrade Silva _____

Especialista em docência do Ensino Superior pela Faculdade de Tecnologia e
Ciência, Salvador, Brasil

Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha esposa e filhos sempre presentes em minha vida e à Deus, fonte de luz e inspiração em todos os momentos.

Agradecimentos

A Deus, por toda honra e toda glória alcançada em minha vida.

À minha esposa, pelo amor e dedicação a mim e nossa família, grande incentivadora e motivadora em todos os momentos.

Aos meus filhos, pelo carinho e compreensão nas atitudes e palavras.

Aos professores deste curso que fomentaram o desejo de aprender cada vez mais.

À COELBA, pela oportunidade de desenvolvimento profissional.

Ao colega e amigo Júlio Xavier, professor orientador deste trabalho.

Epígrafe

“É quando as coisas estão difíceis, que se deve manter a cabeça erguida. Você não encontrará a esperança caída no chão.”

(Autor desconhecido)

“Todos os artistas têm em comum a experiência da distância insondável que existe entre a obra de suas mãos, por conseguida que seja, e a perfeição fulgurante da beleza percebida no fervor do momento criativo: o que conseguem expressar no que pintam, esculpem ou criam, é só um tênue reflexo do esplendor que durante uns instantes brilhou ante os olhos de seu espírito.”

João Paulo II

Resumo

A Qualidade de Energia é um tema cada vez mais em foco. A maior exigência dos consumidores alia-se também a vigilância e aprimoramento da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, tanto pela capacitação de seu corpo técnico quanto pelo aprimoramento de normas e procedimentos. A legislação vigente, além das multas impostas às empresas distribuidoras de energia elétrica por descumprimento de padrões de qualidade de fornecimento, impõe compensações a serem pagas aos consumidores que recebem o produto energia elétrica fora dos padrões regulamentados. O indicador de qualidade desequilíbrio de tensão, já tem seu limite máximo regulamentado. Entretanto, a forma de compensação por sua transgressão não está ainda definida pela ANEEL. Neste contexto vem o presente trabalho, onde mediante estudo de caso e considerando metodologia de cálculo de compensação, avalia o montante a ser pago em valor monetário em função do desequilíbrio de tensão existente, além de comparar com compensações efetivamente pagas devido a transgressão de outros indicadores, resultado este que se constitui em ferramenta balizadora para tomada de decisão de investimentos na rede elétrica.

Palavras Chaves: Desequilíbrio de Tensão, *Qualidade de Energia*, *Pagamento de Compensação*

Abstract

The Power Quality is a theme increasingly in focus. The heaviest consumers also join surveillance and improvement of the National Electric Energy Agency - ANEEL, both by training its staff as the improvement of standards and procedures. The legislation, in addition to the fines imposed on electricity distributors for breach of standards of quality supply, requires compensation to be paid to consumers who receive the product electricity outside the regulated standards. The quality indicator voltage unbalance already has its maximum regulated. However, the form of compensation for their transgression is not yet defined by ANEEL. In this context comes the present work, where through case study and considering the methodology of calculation of compensation, evaluates the amount to be paid in money due to the imbalance of tension, and compare with compensation actually paid because the transgression of other indicators , a result which constitutes landmark tool for decision making investments in the grid.

Keywords: *Unbalance Voltage, Power Quality, Payment of Compensation.*

Lista de Tabelas

Tabela 4.1 – Compensações por Desequilíbrio	39
Tabela 5.1 – Compensações pagas 2011.....	40
Tabela 5.2 – Comparativo de Compensações	41

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Conjugados de Sequência + e –	20
Figura 2.2 - Fator de Derating	21
Figura 2.3 - Elevação de Temperatura em função do Deseq. de Tensão	22
Figura 3.1 – Fluxograma da Metodologia do Processo	24
Figura 4.1 - Sistema Elétrico supridor da SE Itaberoê	29
Figura 4.2 - SEs supridas pela SE Itaberoê	30
Figura 4.3 - Sistema Elétrico supridor da SE Santa Bárbara	30
Figura 4.4 - Curva de demanda da SE Itaberoê	31
Figura 4.5 - Tensão entre fases - SE Itaberoê	32
Figura 4.6 - Fator de Desequilíbrio de SE Itaberoê	32
Figura 4.7 - Curva de demanda da SE Santa Bárbara	33
Figura 4.8 - Tensão por fase da SE Santa Bárbara	34
Figura 4.9 - Fator de Desequilíbrio da SE Santa Bárbara	35
Figura 4.10 - Desvio das Correntes por fase em relação à média da SE ITE	36
Figura 4.11 - Desvio das correntes por fase em relação à média da SE STB	36
Figura 4.12 - Média de Consumo das SEs por classe de Consumo	38
Figura 5.1 - Comparativo de Compensações	40

Lista de Siglas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CHESF – Companhia Hidroelétrica do São Francisco

COELBA – Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia

GSE – Gestão do Sistema Elétrico

IEEE – Institute of Electrical Engineering and Electronics

kV – Kilovolt

NEMA – National Electrical Manufacturers Association

NOTUS – Sistema Gestor da Telemedicação

PRODIST – Procedimentos de Distribuição

SE – Subestação

SEs – Subestações

TUSD – Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos.....	14
1.1.1	Objetivo Geral.....	14
1.1.2	Objetivos Específicos	15
1.2	Justificativa	15
1.3	Organização da Monografia	16
2	QUALIDADE DE ENERGIA	17
2.1	Fator de Desequilíbrio de Tensão.....	17
2.2	Efeitos do Desequilíbrio de Tensão	21
3	METODOLOGIA	25
4	ESTUDO DE CASO.....	30
5	ANÁLISE DE RESULTADO	40
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
	REFERÊNCIAS	44
	ANEXOS.....	46

1 Introdução

Atender a legislação vigente no tocante à qualidade de fornecimento de energia é fundamental para o sucesso da empresa e satisfação de seus clientes. O funcionamento adequado de máquinas e equipamentos elétricos e eletrônicos depende principalmente do nível e da qualidade de tensão fornecida aos mesmos. Neste aspecto, a gestão da rede elétrica numa empresa distribuidora de energia assume importância relevante, não só quanto à manutenção da continuidade de fornecimento, mas sobretudo na qualidade e conformidade do produto entregue. Desta forma, as perdas técnicas são minimizadas assim como as reclamações de consumidores. Nesta direção a legislação tem evoluído, sinalizando cada vez mais em compensações pagas diretamente aos consumidores que tiveram violados os indicadores de qualidade de fornecimento vigentes.

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, instituiu indicadores como forma de acompanhar o desempenho da qualidade do serviço de fornecimento de energia elétrica, bem como avaliar a qualidade deste produto. Alguns indicadores, a exemplo dos de continuidade e conformidade de fornecimento e de ultrapassagem de níveis de tensão, impõe pagamento de compensação financeira aos consumidores, se não atendidos os limites fixados. Outros estão em período de acompanhamento e formação de banco de dados através de medições no sistema elétrico, caso do indicador desequilíbrio de tensão, que tem limite máximo já definido.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho contempla um estudo comparativo entre os valores de compensações efetivamente pagas devido à transgressão dos indicadores de continuidade e conformidade de fornecimento e os prováveis valores a serem pagos devido ao indicador desequilíbrio de tensão, constituindo-se em um balizador para gestão do sistema elétrico e criando meios para uma análise econômica quanto ao impacto destas futuras compensações, favorecendo e subsidiando a tomada de decisão.

1.1.2 Objetivos Específicos

Determinar o montante de compensação a ser paga em função do desequilíbrio de tensão do sistema sob análise e efetuar a comparação com valores pagos por transgressão dos indicadores de continuidade e conformidade de fornecimento.

1.2 Justificativa

Com a exigência cada vez maior da sociedade como um todo e com o aprimoramento da legislação e seus mecanismos de apuração dos indicadores de qualidade, as empresas distribuidoras de energia tem que estar preparadas para esta demanda.

O produto energia elétrica, tem cada vez mais a sua qualidade exigida, tanto na continuidade de fornecimento, com interrupções cada vez mais curtas e menos frequentes, quanto na conformidade, com níveis de tensão adequados. Estes itens de qualidade citados já constituem multa à concessionária na forma de compensação paga diretamente ao consumidor, se não atendidos.

Outros indicadores de qualidade já definidos nos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica – PRODIST – encontram-se sob medição para formação de banco de dados e terão compensações definidas para violações dos limites estipulados. O desequilíbrio de tensão é um destes indicadores (PRODIST, 2011).

Neste contexto e no cenário que se delineia para o futuro, as empresas distribuidoras de energia necessitam conhecer e dimensionar adequadamente as potenciais compensações a serem pagas, bem como sua evolução, de forma a minimizar o impacto destas em sua imagem e receita operacional, gerindo e dimensionando de forma adequada e no tempo certo, seus investimentos e ações preditivas no sistema elétrico sob sua concessão.

1.3 Organização da Monografia

Este trabalho apresenta cinco capítulos, estruturados de forma a facilitar a exposição e compreensão do tema.

O Capítulo 1 traz a Introdução com a definição do problema, objetivos e como essa monografia está organizada.

Já no Capítulo 2 há revisão da literatura especializada, com abordagem teórica do tema e informações da literatura clássica sobre o desequilíbrio de tensão, métodos de apuração, legislação vigente e seus efeitos sobre a rede e equipamentos elétricos.

O Trabalho experimental e desenvolvimento da pesquisa bem como a metodologia utilizada, constituem o Capítulo 3.

O Capítulo 4 define e caracteriza o sistema elétrico a ser analisado, onde é retratado o diagnóstico do mesmo.

No Capítulo 5 foi realizada a análise dos resultados para o diagnóstico efetuado.

O Capítulo 6 apresenta as considerações finais.

2 Qualidade de Energia

A energia elétrica é um produto que há algumas décadas, constitui-se em fator de desenvolvimento, produtividade e qualidade de vida.

Proporcionalmente a essa dependência também se acentua a exigência de equipamentos e consumidores quanto a sua qualidade. Assim, o produto entregue ao consumidor deve atender requisitos definidos em legislação específica, sob pena de causar funcionamento inadequado de equipamentos, gerando transtorno e causando prejuízos.

2.1 Fator de Desequilíbrio

Em sistemas trifásicos equilibrados de distribuição de energia, as tensões geradas são senoidais e de igual magnitude, defasadas de 120° entre si (MARX, 2011).

O Sistema Elétrico Brasileiro tem em sua matriz energética geração predominantemente hidráulica (BEN, 2011), sendo esta geração trifásica e com defasamento entre fases de acordo com o acima mencionado.

O desequilíbrio de tensão se caracteriza quando as três fases apresentam valores diferentes de tensão em módulo, ou defasagem angular diferente de 120° elétricos entre fases ou ainda, as duas condições simultaneamente (MARX, 2011).

A tensão fornecida ao consumidor final ligado em um ponto do sistema elétrico, pode apresentar-se desbalanceada, em função de desequilíbrios que ocorrem nas instalações da concessionária ou de outros consumidores, tendo relação direta com as cargas instaladas.

Uma das principais causas senão a principal, é a desigual distribuição de cargas monofásicas, ligadas a um sistema trifásico. Distribuí-las de forma uniforme e equilibrada pelas três fases é fundamental para manter o sistema sob equilíbrio. Associadas ao sistema elétrico existem cargas bifásicas e trifásicas que juntamente com as monofásicas variam o funcionamento ao longo do tempo, mudando continuamente, sendo impossível prever o instante em que estarão em operação (JOUANNE, 2001).

As áreas rurais com alimentadores longos bem como áreas urbanas com significativa concentração de cargas com demanda monofásica, como iluminação em instalações comerciais e residenciais, são exemplos disso. Sistemas ferroviários e de transporte monofásicos à tração elétrica, podem também causar considerável desequilíbrio na rede trifásica (JOUANNE, 2001).

Lembrar ainda que os equipamentos trifásicos não possuem a mesma impedância por fase, de modo que, ao absorverem correntes desequilibradas, provocam o aparecimento de tensões desequilibradas no ponto de acoplamento comum entre concessionárias e consumidores.

Assim, causas adicionais de desequilíbrio de tensão são: assimetrias nas impedâncias dos enrolamentos de transformadores, banco de transformadores em delta aberto e estrela aberta, impedâncias de transmissão assimétricas devido à transposição incompleta de linhas e fusíveis queimados em bancos de capacitores trifásicos (JOUANNE, 2001).

Desiguais níveis de distorção harmônica entre fases e desvio do ângulo de fase, não devem ser esquecidos como causa de desequilíbrio de tensão.

Nas instalações industriais e comerciais, a tensão no ponto de entrega pode estar equilibrada, mas mediante distribuição interna das cargas monofásicas de forma não uniforme, pode ocorrer desequilíbrio de tensão.

Dentro de uma instalação, tensões desequilibradas podem ser causadas por equipamentos desequilibrados e sobrecarregados e por conexões com alta impedância (ruins ou com contato solto).

Um motor trifásico pode apresentar desequilíbrio interno próprio, devido a defeito de fabricação no enrolamento, como número de voltas desigual, um rotor desalinhado ou assimetria no estator. O processo de reparação de um motor danificado, reparado rápida e economicamente, isolando o enrolamento danificado e reduzindo assim a impedância da fase correspondente, causa desequilíbrio (JOUANNE, 2001).

O equilíbrio das tensões torna-se particularmente difícil de resolver e é continuamente variável em grandes cargas industriais, como fornos a arco.

Em sistemas onde para economia de energia são empregados reguladores de velocidade ajustável, a carga pode variar continuamente a cada hora. Quando um grande número destes reguladores monofásicos de velocidade são empregados, o resultado é uma carga desequilibrada variando continuamente. Estes reguladores apresentam diodo retificador, produzindo correntes não senoidais, levando à distorção harmônica. A combinação destes com fontes chaveadas em TVs e computadores, pode acarretar níveis altos de distorção entre fases, tornando desafiador o processo de balanceamento.

Muitas empresas não acompanham o desequilíbrio em seus sistemas elétricos, tratando-os como queda de tensão e priorizando outras atividades, face aos efeitos não tão evidentes ou pouco conhecidos, abordando o assunto quando já está em níveis elevados e provocando queixas de consumidores. Como se depreende, é um problema de regime permanente.

A quantificação do grau ou fator de desequilíbrio – Fator K – pode ser realizada através de quatro métodos diferentes e amplamente utilizados (Manyage e Pillay, 2001)(Pereira,2009).

O primeiro método é definido pela Norma National Electrical Manufacturers Association – NEMA. Conforme NEMA-MG1-14.34, o Fator de Desequilíbrio é obtido pela relação entre o máximo desvio da tensão média e a tensão média, sendo as tensões de linha os valores referenciais. A Equação 2.1 expressa este cálculo (NEMA MG-1, 1993).

$$K\% = \frac{\Delta V}{V_m} \cdot 100 \quad (\text{eq. 2.1})$$

Onde:

ΔV - Máximo desvio das tensões de linha em relação ao valor médio;

V_m – Média aritmética dos módulos das tensões trifásicas.

O segundo método é definido pelo Congress Internationale des Grand Réseaux Électriques a Haute Tension – CIGRÉ.

Este método, conforme Equação 2.2, utiliza uma grandeza adimensional, correlacionando as tensões de linha, expressa pela Equação 2.3 (CIGRE, 1992).

$$K\% = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}} \cdot 100 \quad (\text{eq. 2.2})$$

sendo:

$$\beta = \frac{V_{ab}^4 + V_{bc}^4 + V_{ca}^4}{(V_{ab}^2 + V_{bc}^2 + V_{ca}^2)^2} \quad (\text{eq. 2.3})$$

Onde:

V_{ab} , V_{bc} , V_{ca} são módulos das tensões trifásicas.

O terceiro método conhecido por Componentes Simétricas, define o fator de desequilíbrio como a razão entre os módulos da tensão de sequência negativa e positiva, sendo expresso pela Equação 2.4 (DUGAN, 1996).

$$K\% = \frac{V_-}{V_+} \cdot 100 \quad (\text{eq. 2.4})$$

Onde :

V_- – Módulo da tensão de sequência negativa;

V_+ – Módulo da tensão de sequência positiva.

O quarto método, do IEEE – Institute of Electrical Engineering and Electronics, traz como metodologia, a representação do desequilíbrio de tensão como a relação entre a maior diferença das tensões de linha medidas e o somatório destas, conforme Equação 2.5 (IEEE,2005).

$$K\% = \frac{3.(V_{MAX} - V_{MIN})}{V_A + V_B + V_C} \cdot 100 \quad (\text{eq. 2.5})$$

onde:

V_A , V_B , V_C - Módulo das tensões trifásicas;

V_{MIN} – Menor valor dentre os módulos das tensões trifásicas;

V_{MAX} – Maior valor dentre os módulos das tensões trifásicas.

Os métodos das componentes simétricas e do CIGRE são os recomendados no PRODIST, módulo 8, para cálculo do desequilíbrio de tensão.

Neste trabalho foi adotado o método do Cigré, uma vez que a função V_- e V_+ não estava habilitada nos relés das Subestações – SEs – escolhidas para este estudo.

2.2 Efeitos do Desequilíbrio de Tensão

O desequilíbrio de tensão causa efeitos indesejáveis sobre os equipamentos elétricos, agravado pelo fato de que provoca um aumento desproporcional nas correntes de fase.

Do ponto de vista do sistema elétrico, esta condição é indesejável, pois implica em maiores perdas elétricas e aquecimento dos condutores, além de que, quando em transferências emergenciais de carga, o sistema pode responder de forma não satisfatória.

As cargas lineares a exemplo do motor de indução trifásico e as cargas não lineares, como sistemas conversores eletrônicos de potência e acionamentos de velocidade variável, são exemplos de equipamentos onde o desequilíbrio de tensão provoca graves efeitos (BELCHIOR,2010).

Os motores de indução trifásicos têm características eletromecânicas e térmicas que, sob condições específicas, definem seu comportamento.

Em determinado instante e de acordo com as condições da rede de alimentação e potência exigida pela carga no eixo do motor, este apresenta valores de fator de potência, corrente absorvida, perdas, elevação de temperatura, rendimento, torque e velocidade.

A variação na tensão de alimentação em função do desequilíbrio provoca alteração nas características térmicas e eletromecânicas do motor, alterando seu desempenho e vida útil.

Considerando um sistema devidamente equilibrado e tendo o motor de indução como carga, circulam apenas componentes de sequência positiva de tensão, corrente e impedância.

No motor, como geralmente é ligado em delta ou estrela aterrada, não há caminho para circulação das componentes de sequência zero.

Na condição de desequilíbrio de tensão, a componente simétrica de tensão de sequência negativa surge, produzindo um campo magnético e portanto torque contrário à rotação do motor, reduzindo a velocidade deste, conforme Figura 2.1 (KRISHNA,2007).

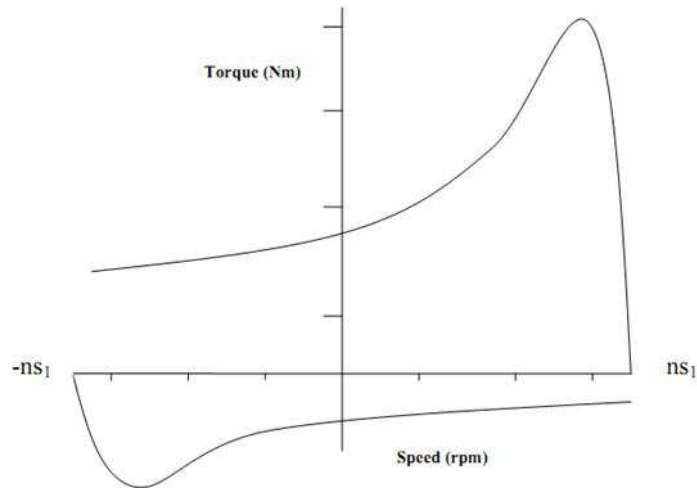


Figura 2.1 – Conjugados de Sequência + e – no motor

Fonte: Krishna, 2007

Ainda de acordo com Krishna (2007), esta componente negativa de tensão gera altas correntes de sequência negativa face aos baixos valores de impedância de sequência negativa, aumentando a temperatura e perdas da máquina. O sobreaquecimento produzido reduz sobremaneira a vida útil do motor. Com sua eficiência reduzida, pode ser necessária a utilização de motor de maior capacidade para realizar o trabalho exigido, em função do desequilíbrio de tensão.

Em condições de regime permanente, o desequilíbrio de tensão pode causar desequilíbrio de corrente da ordem de 6 a 10 vezes o desequilíbrio de tensão.

Diante deste inconveniente, o padrão NEMA MG 1 recomenda que para 2% de desequilíbrio de tensão, o motor seja dimensionado 5% maior que a carga nominal definida para o mesmo. Para 3% de desequilíbrio, um motor 12% maior (JOUANNE,2001). O termo Derating expressa esta relação.

A correlação entre o percentual de desequilíbrio de tensão e o fator de Derating está na Figura 2.2

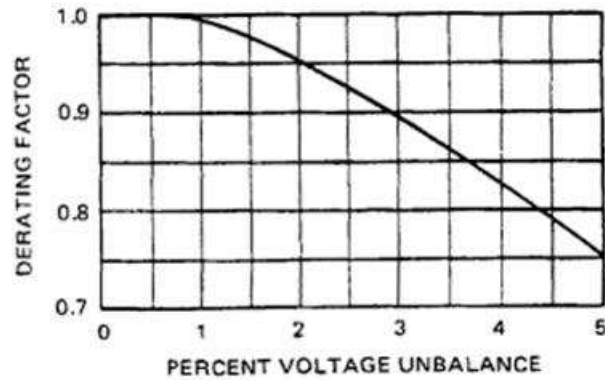


Figura 2.2 – Fator de Derating

Fonte: Norma NEMA MG-1

A sobre-elevação de temperatura do motor, fator crítico na operação deste, tem sua correlação com o Desequilíbrio de Tensão expressa na Figura 2.3 (Hofmann,2002). Observar que para o desequilíbrio de 2% admitido no PRODIST, há elevação de 8% na temperatura de funcionamento do motor sobre as condições nominais de trabalho, com as tensões balanceadas.

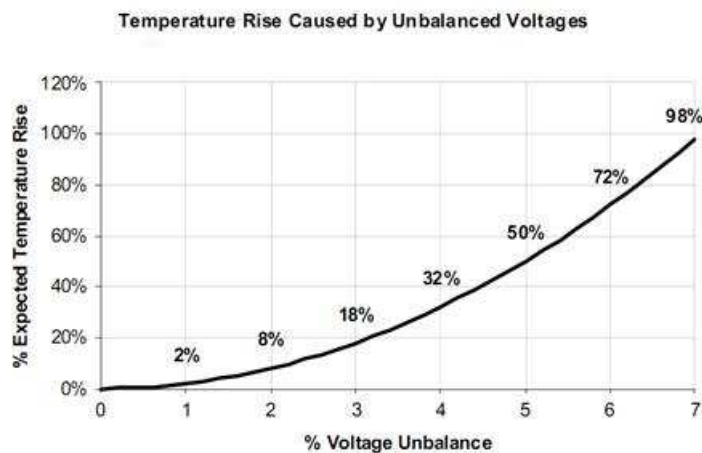


Figura 2.3 – Elevação de Temperatura em função do Deseq. de Tensão

Fonte: Hofmann

Os Conversores eletrônicos de potência, presentes em muitos dispositivos a exemplo de acionamentos de velocidade variável que alimentam cargas trifásicas como motores, alimentação de energia para microcomputadores e iluminação eficiente, são também sensíveis ao desequilíbrio de tensão. Sem entrar em detalhes, o desequilíbrio de tensão nestes equipamentos pode fazer surgir harmônicos diferentes do fundamental, causando elevação de corrente que sobreaquecerá os componentes eletrônicos reduzindo a vida útil, bem como trazendo problemas de ressonância no sistema, exigindo filtros que por sua vez, deixam o equipamento mais oneroso (JOUANNE, 2001).

Nos exemplos abordados há sempre elevação de corrente na carga, que se traduzirá para a rede da concessionária, elevando as perdas.

3 Metodologia

A exigência cada vez maior na qualidade do fornecimento de energia elétrica tanto pela legislação vigente como pelos consumidores finais, impõe às empresas Distribuidoras de energia um crescente desafio no sentido de gestão e manutenção das redes elétricas.

Uma boa gestão significa investimento adequado em valor e no local certo, solucionando antecipadamente problemas causados por fim de vida útil de materiais e crescimento vegetativo da carga.

A contrapartida pelo não cumprimento dos índices e metas fixados pelo órgão regulador, se traduz por compensações a serem pagas ao consumidor, bem como multas recolhidas à ANEEL. Atualmente, o consumidor é restituído financeiramente por transgressão do tempo e frequência de interrupção de fornecimento, cujos valores têm como base o consumo de energia do mesmo.

Neste contexto, é apresentada por Januzzi (2007) uma proposta de compensação a ser paga ao consumidor por violação do fator de desequilíbrio de tensão. É fixado no PRODIST Módulo 8, seção 8.1, item 5, o limite máximo de 2% para desequilíbrio em barramentos de distribuição exceto baixa tensão.

O fluxograma da metodologia adotada e descrita neste capítulo é ilustrada na Figura 3.1.

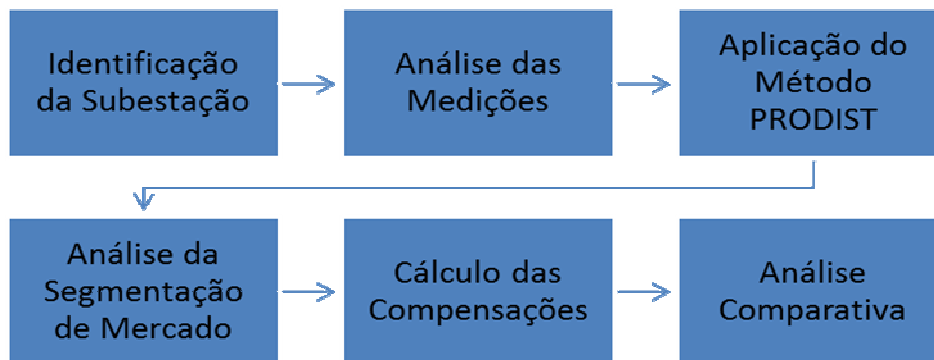


Figura 3.1 – Fluxograma da Metodologia do Processo

O Sistema Elétrico do Estado da Bahia gerido pela COELBA é muito extenso, sendo composto por 311 subestações, ponto de partida deste estudo (COELBA, Maio/2012).

De cada subestação partem alimentadores, que levam a energia até os consumidores.

Diante da dificuldade e até mesmo da inexistência de medição de desequilíbrio de tensão em todos os clientes de um único alimentador, que pode ter de centenas a milhares de consumidores, a barra de carga da subestação será o ponto de partida da análise. Foi utilizado como limite índice já fixado em legislação específica.

As subestações abaixo são as áreas objeto deste estudo :

- SE Itaberoê (ITE), 69/34,5 kV, transformador de 10/16,3 MVA;
- SE Ituberá (IBA), 34,5/13,8 kV, transformador de 5/6,25 MVA;
- SE Nilo Peçanha (NPC), 34,5/13,8 kV, transformador de 1,0 MVA;
- SE Cairu (CIR), 34,5/13,8 kV, transformador de 0,5 MVA;
- SE Itiúca (ITC), 34,5/13,8 kV, dois transformadores de 0,5 MVA;
- SE Torrinhas (TRN), 34,5/13,8 kV, dois transformadores: 2,5/3,75 MVA e 5/6,25 MVA;
- SE Santa Bárbara (STB), 69/13,8 kV, transformador de 10/12,5 MVA.

A escolha foi motivada pela diferença em valor de tensão entre as fases, pelas características da região em apresentar interrupções de energia devido a fatores diversos, pela ramificação do sistema elétrico em foco e pela existência de registros adequados a análise.

Escolhido o ponto do Sistema Elétrico a ser avaliado, foi feita coleta das grandezas elétricas necessárias, para obtenção do Fator de Desequilíbrio, conforme o PRODIST, módulo 8.

As medições de Consumo e Demanda das Subestações foram obtidas do Sistema Gestor da Telemedição - NOTUS, cuja interface nos permite acesso aos dados da Telemedição das subestações da Coelba.

Em função da estrutura tarifária vigente, com valores de tarifa distintos por classe consumidora (residencial, comercial, industrial, etc), fez-se necessário obter de cada subestação a sua composição de consumidores. Através do aplicativo Gestão do Sistema Elétrico - **GSE** - essa estratificação foi levantada para cada subestação. A metodologia de cálculo de compensação leva isso em conta, uma vez que cada classe possui Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição - TUSD - específica.

Foram coletados e analisados dados de seis meses, compreendidos entre outubro/2011 e março/2012, de modo a verificar a sazonalidade no consumo que pudesse influenciar no resultado da análise.

Toda a tabulação dos dados foi feita em planilha eletrônica Excel, assim como os cálculos envolvidos.

De posse do desequilíbrio e respectivo consumo, é calculado o valor de compensação para cada classe consumidora por posto horário, constituindo-se num processo de apuração metuculoso e detalhado.

Conforme o PRODIST, o Fator de Desequilíbrio é calculado pela Equação 2.4.

Neste Estudo de Caso, por não ter habilitada nos relés das subestações estudadas a função medição dos componentes V_- e V_+ , foi utilizada a formulação definida no Item 5.3.3 do PRODIST, equivalente às Equações 2.2 e 2.3.

A proposta de cálculo de compensação segundo Januzzi(2007) e objeto desta análise, é representada pela Equação 3.1.

$$CDT_{(p)} = \left[\sum_{t=1}^n \left(\frac{FDT_t}{FDT_M} - 1 \right) \right] x \frac{IUSE}{Fa} \quad (\text{eq. 3.1})$$

Onde :

CDT_p – Compensação por Desequilíbrio de Tensão, por posto horário “p”, aplicável quando positiva;

FDT_t – Fator de Desequilíbrio de Tensão da unidade consumidora, expresso em % e calculado a cada intervalo “t” de 1 (uma) hora, durante o período de faturamento;

FDT_m – Índice Máximo do Fator de Desequilíbrio de Tensão;

t = intervalo de 1 (uma) hora, no período de faturamento;

p = posto horário, ponta ou fora de ponta, para unidades consumidoras faturadas na estrutura tarifária horo-sazonal ou período de faturamento para unidades consumidoras faturadas na estrutura tarifária convencional;

n = número de intervalos de integralização “ t ”, por posto horário “ p ”, no período de faturamento;

IUSE : Importe de Uso do Sistema Elétrico referente ao mês de apuração; e

Fa = Fator de ajuste, variável de 10 a 200, cujo valor poderá ser alterado pela ANEEL a cada revisão periódica de tarifas.

A IUSE por sua vez, obtida de forma simplificada neste trabalho é calculada através da Equação 3.2.

$$IUSE(B) = CA \times TUS(E) \quad (\text{eq. 3.2})$$

Onde:

CA – Consumo de energia elétrica no período de faturamento; e

TUS(E) = Tarifa de uso do sistema elétrico, compreendendo a soma da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) e Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão (TUST), especificada para a componente energia.

O valor da TUSD é definido por Resolução Homologatória – RH, da ANEEL.

Foram utilizados os dados constantes na RH 1.142 de 19 de abril de 2011, uma vez que, em nosso caso, os valores pagos a título de compensação por não conformidade e não continuidade forma realizados em 2011.

A TUSD apresenta valores definidos de acordo com o subgrupo de consumo, tendo parcelas financeiras distintas referentes à energia e a demanda.

Considerando a estrutura tarifária vigente, a tarifação de acordo com subgrupos de consumo, a dificuldade de dados quanto ao consumo e demanda de consumidores horosazonais subgrupo A4 e ao fato da grande maioria de consumidores serem do subgrupo residencial, conforme estratificação de mercado apresentada no capítulo seguinte, a Equação 3.2 atende aos objetivos propostos deste trabalho.

A forma mais apurada e precisa, é o cálculo da compensação por desequilíbrio de tensão para os consumidores horosazonais, contemplando parcelas de energia e demanda, esta última em horários de ponta e fora de ponta, com os respectivos valores de TUS(E).

Com as medições obtidas no barramento das SEs e de acordo com as Equação 3.1 e 3.2, procedeu-se ao levantamento das compensações devido ao desequilíbrio de tensão, estabelecendo posteriormente análise comparativa com as compensações efetivamente pagas em 2011, devido a ultrapassagem dos índices de continuidade e conformidade.

Isto dará uma visão do potencial de encargos decorrentes da não conformidade relativa ao desequilíbrio de tensão.

4 Estudo de Caso

O presente estudo de caso compreende a análise em sete subestações, sendo que as subestações de Ituberá, Itiúca, Cairu, Nilo Peçanha e Torrinhas são supridas pela subestação Itaberoê. Esta, por sua vez, é suprida em 69 kV pela subestação Santo Antonio de Jesus, de propriedade da Companhia Hidroelétrica do São Francisco – CHESF.

Na Figura 4.1 é ilustrado o diagrama unifilar simplificado do eixo elétrico que supre a SE Itaberoê. Partindo da SE Santo Antônio de Jesus – STJ – da CHESF, em tensão de 69 kV, passa pelas SEs Nazaré – NAZ – e Valença – VAL – ambas de concessão da COELBA.

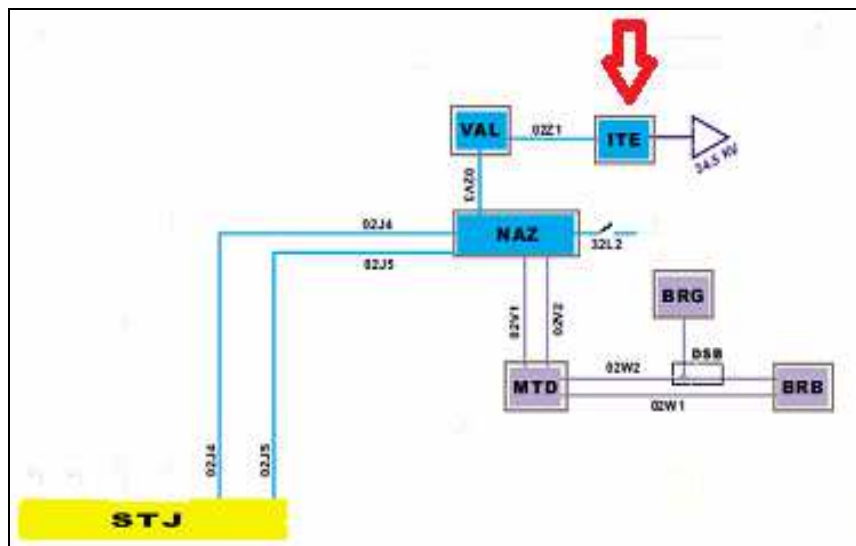


Figura 4.1 – Sistema Elétrico supridor da SE Itaberoê

Fonte: Coelba (2012)

As SEs supridas pela SE ITE estão no diagrama da Figura 4.2. São três alimentadores em 34,5 kV que levam a energia até estas subestações.

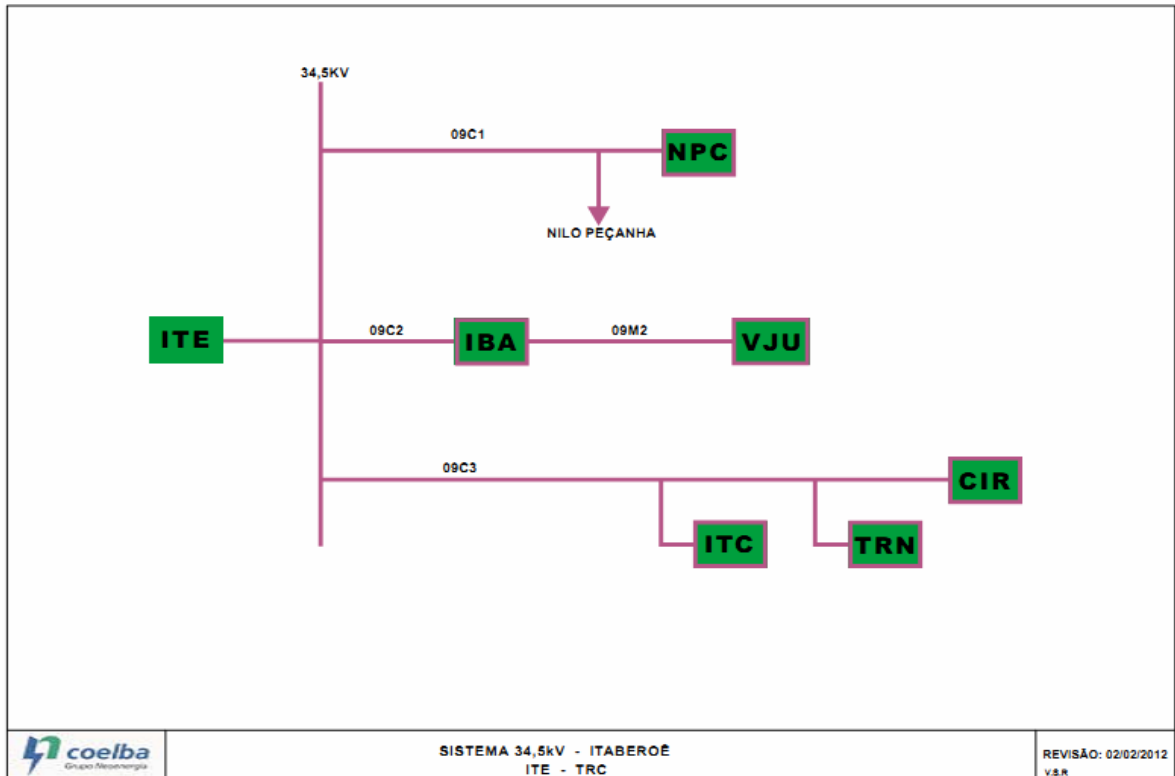


Figura 4.2 – SEs supridas pela SE Itaberoê

Fonte: Coelba (2012)

A subestação Santa Bárbara tem suprimento pertencente a outro eixo elétrico distinto da subestação Itaberoê, conforme a Figura 4.3.

O suprimento parte da SE Tomba – TMB – sob concessão da AFLUENTE, na tensão de 69 kV. Da SE STB não há suprimento a nenhuma outra SE.

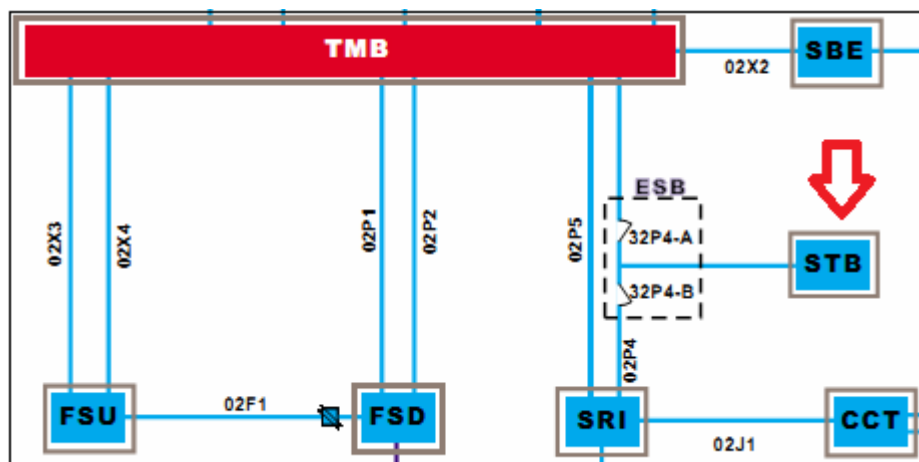


Figura 4.3 – Sistema Elétrico supridor da SE Santa Bárbara

Fonte: Coelba (2012)

Serão mostrados a seguir os dados de carga dos sistemas em estudo, obtidos a partir da subestação Itaberoê e, mais adiante, da SE Santa Bárbara, representando período de trinta dias de leitura em todos os casos, referentes ao mês de janeiro/2012

Na Figura 4.4, é ilustrada a curva de carga para potência ativa e reativa da SE Itaberoê, cuja demanda ativa máxima ocorre em torno das 19 horas. A demanda reativa é baixa e ligeiramente capacitiva na maior parte do tempo.

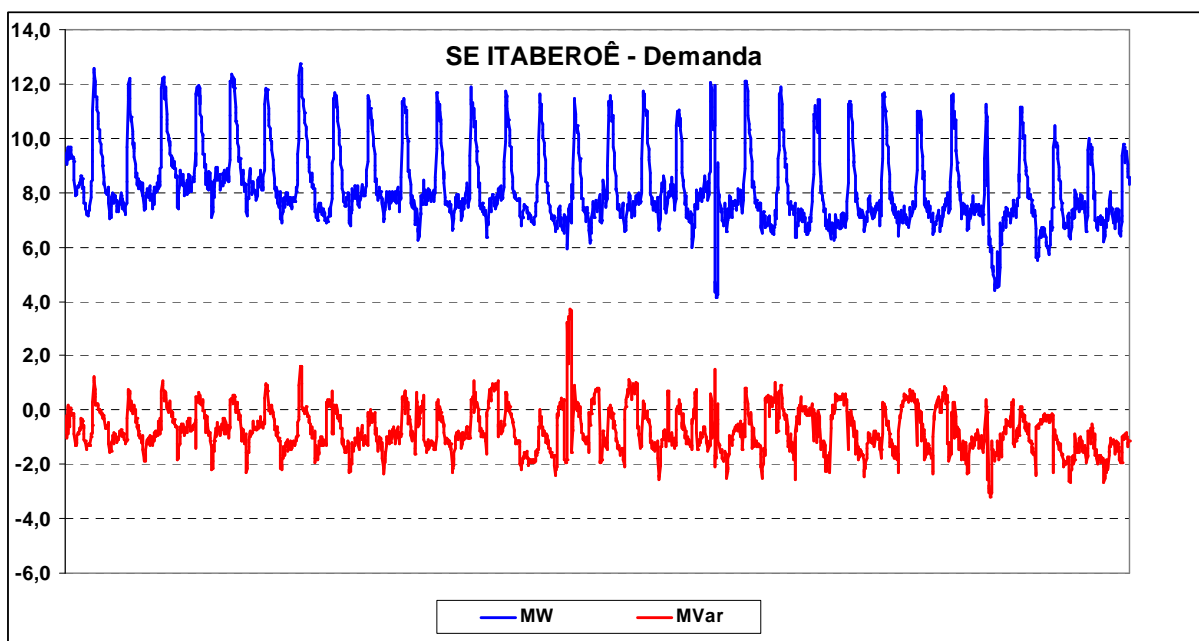


Figura 4.4 – Curva de demanda da SE Itaberoê

Fonte: Coelba (Janeiro/2012)

As tensões por fase mostradas na Figura 4.5, deixam em evidência o desequilíbrio de tensão existente, onde percebe-se o deslocamento de uma fase em relação a outra.

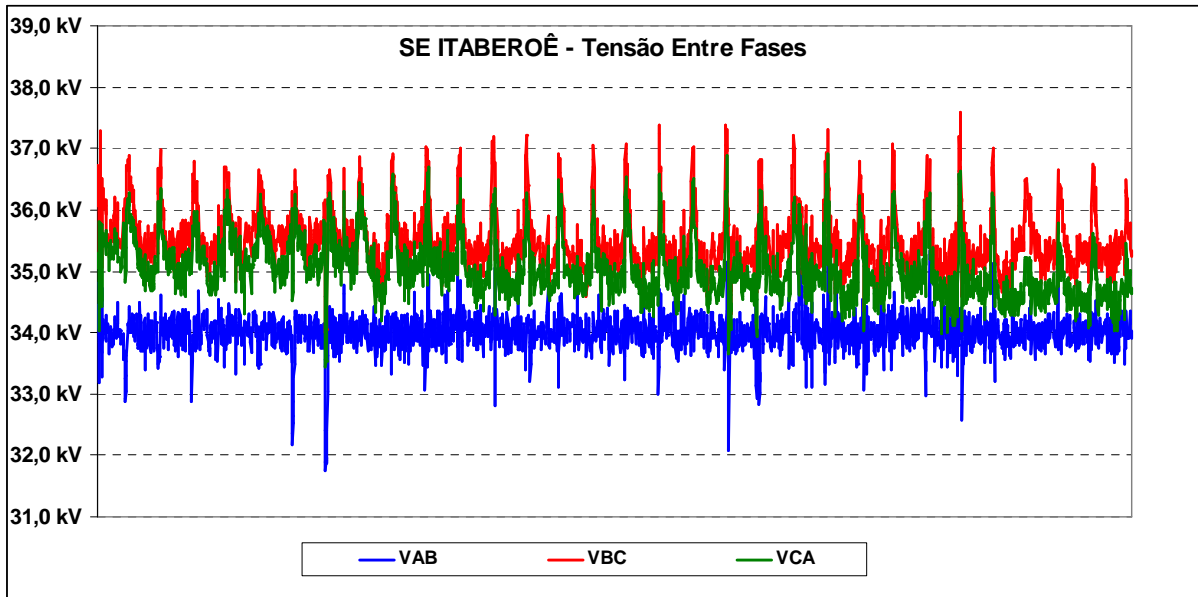


Figura 4.5 - Tensão entre fases - SE Itaberoê
Fonte: Coelba (Janeiro/2012)

O Fator de Desequilíbrio calculado para a SE Itaberoê, é representado na Figura 4.6. Este sofre variação de acordo com o ciclo diário de carga, assumindo valores maiores no horário de máxima carga da subestação, em torno das 19 horas, como já mencionado.

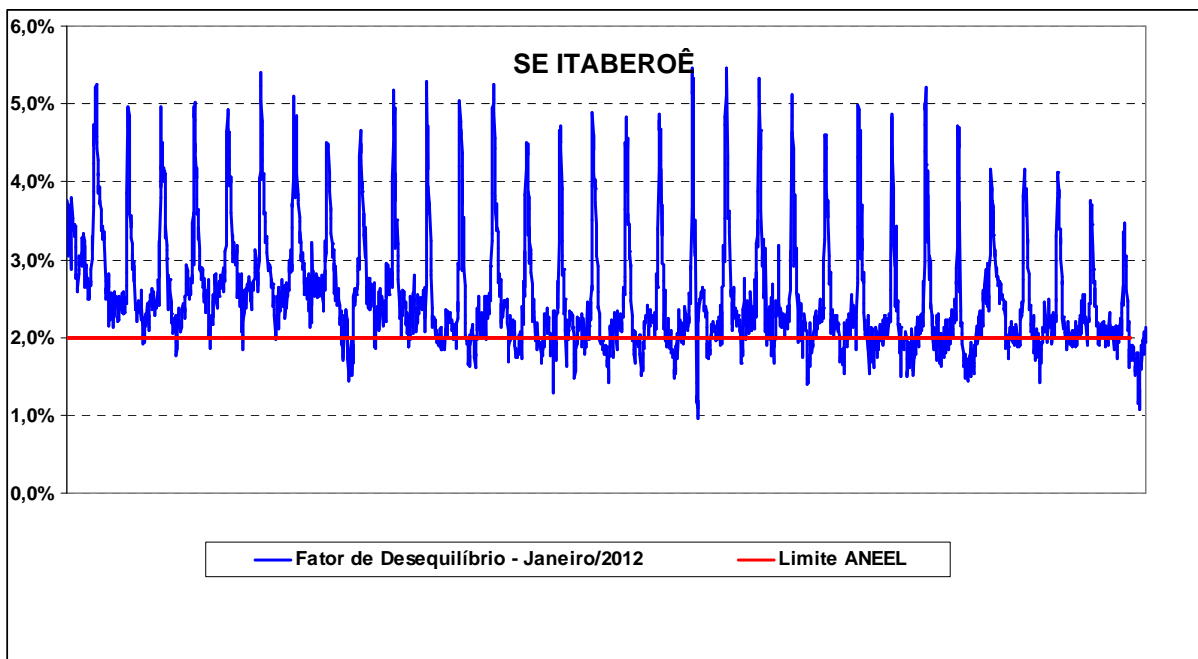


Figura 4.6 – Fator de Desequilíbrio de SE Itaberoê
Fonte : Coelba (Janeiro/2012)

Semelhantemente a SE ITE, a SE STB traz em sua curva de demanda o mesmo perfil e horário de máxima carga em torno das 19 horas, conforme Figura 4.7. Uma pequena diferença encontra-se nas curvas de demanda reativa destas SEs.

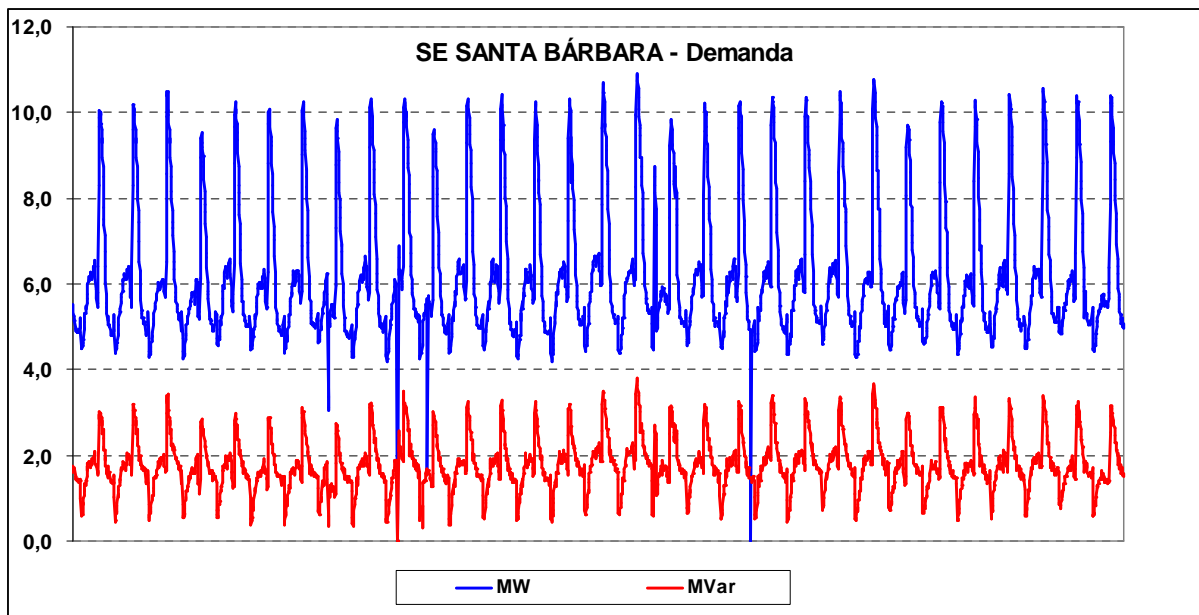


Figura 4.7 – Curva de demanda da SE Santa Bárbara
Fonte : Coelba (Janeiro/2012)

O gráfico de tensões por fase da SE STB, ilustrado na Figura 4.8, também evidencia o desequilíbrio de tensão entre as tensões compostas.

Uma particularidade em relação à Figura 4.5, reside no fato de que as tensões V_{AB} e V_{BC} estão mais próximas entre si e ambas mais distantes da tensão V_{CA} .

Outra particularidade observada é que a tensão V_{CA} apresenta um comportamento irregular até a metade do período sob análise, aproximadamente. A investigação deste fato implica em avaliar fatores e ocorrências em outras subestações do mesmo eixo elétrico, fugindo ao objetivo proposto.

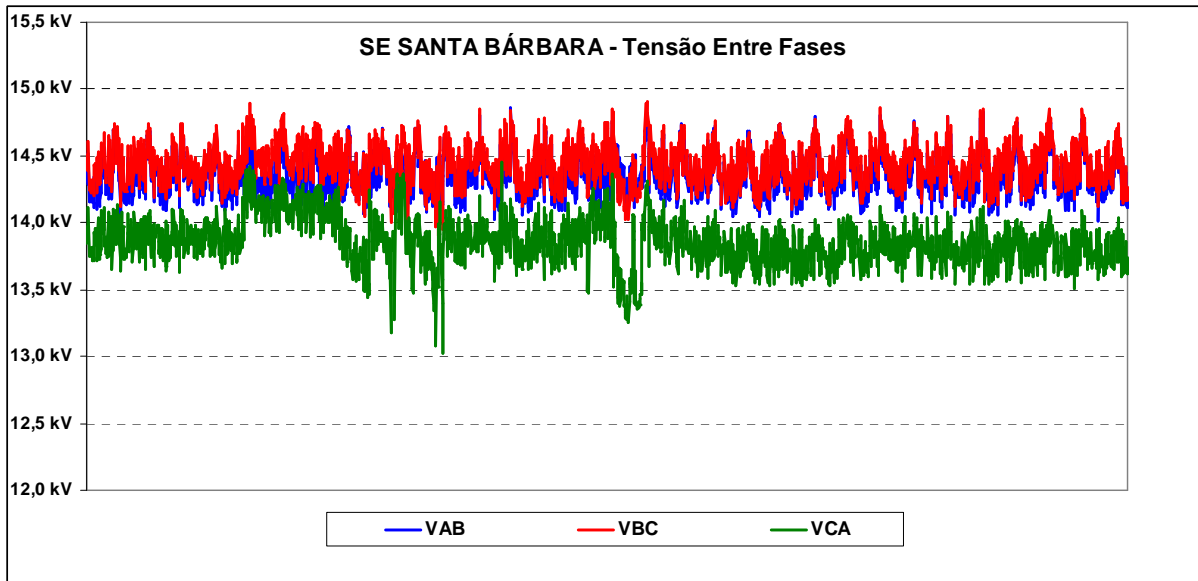


Figura 4.8 - Tensão por fase da SE Santa Bárbara
Fonte : Coelba (Janeiro/2012)

A curva do Fator de Desequilíbrio da SE STB, também teve o seu traçado modificado pelo comportamento da tensão como citado anteriormente.

Os afundamentos na tensão V_{CA} estimularam o Fator de Desequilíbrio a ultrapassar o patamar de 4% nesta SE. Isto pode ser visto na Figura 4.9. Também desta Figura, onde este fator tende a 1%, corresponde na Figura 4.8 ao trecho onde as tensões estão mais próximas.

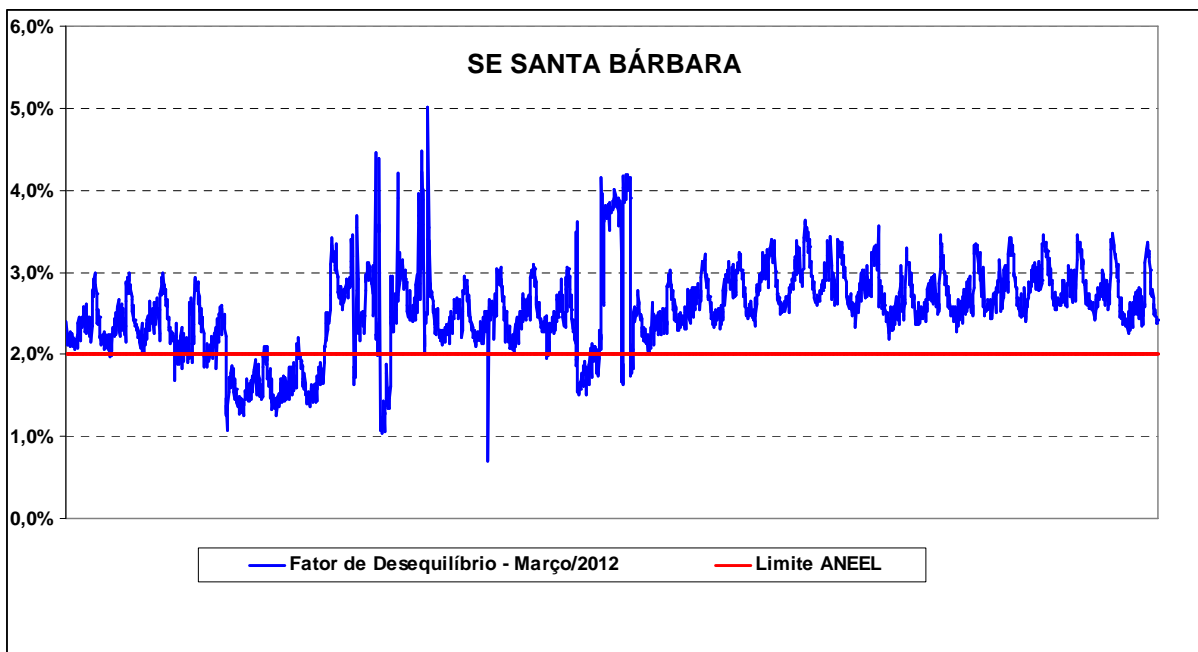


Figura 4.9 –Fator de Desequilíbrio da SE Santa Bárbara
Fonte: Coelba (Janeiro/2012)

A comparação do valor do desvio das correntes por fase, em relação à média, é representada nas Figuras 4.10 e 4.11, para as SEs ITE e STB, respectivamente.

Há regularidade nos desvios apresentados na SE ITE. Porém, no final do período analisado, o desvio de corrente I_C se eleva e há ligeira queda do desvio I_A , a partir do momento em que a demanda começa a cair.

Nos valores apresentados para a SE STB, não foi verificado nenhum fato parecido, mantendo-se os desvios uniformes ao longo do período de análise.

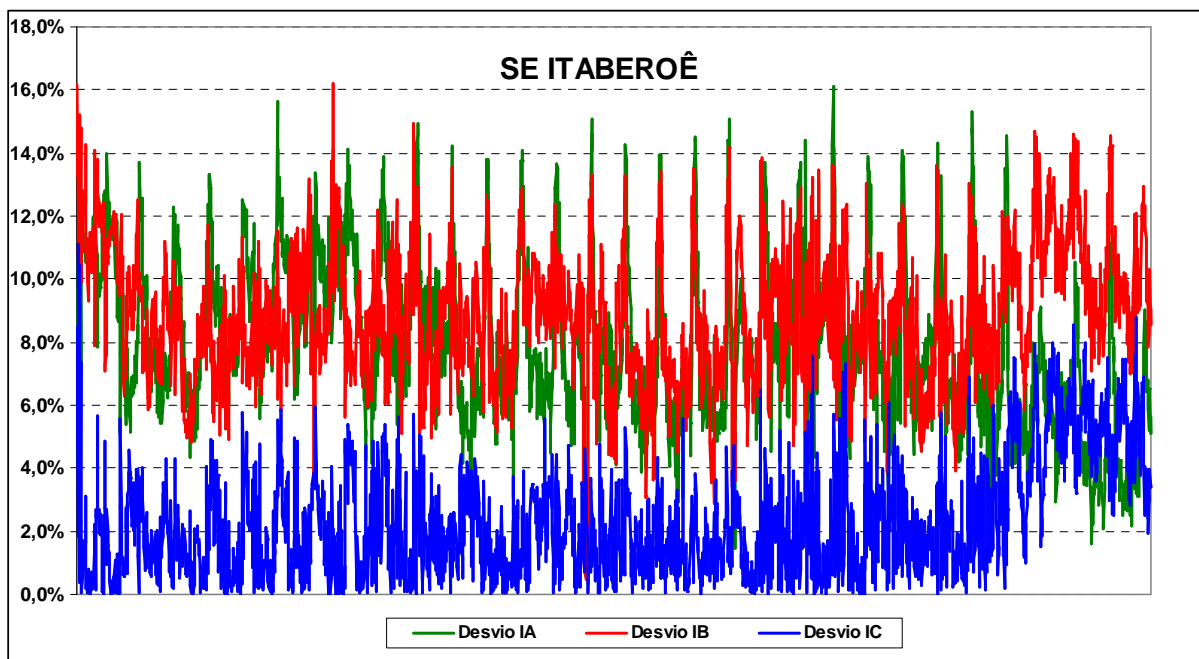


Figura 4.10 – Desvio das correntes por fase em relação à média da SE ITE

Fonte: Coelba (Janeiro/2012)

Outro ponto importante na análise deste estudo de caso é o tipo de mercado que cada subestação atende.

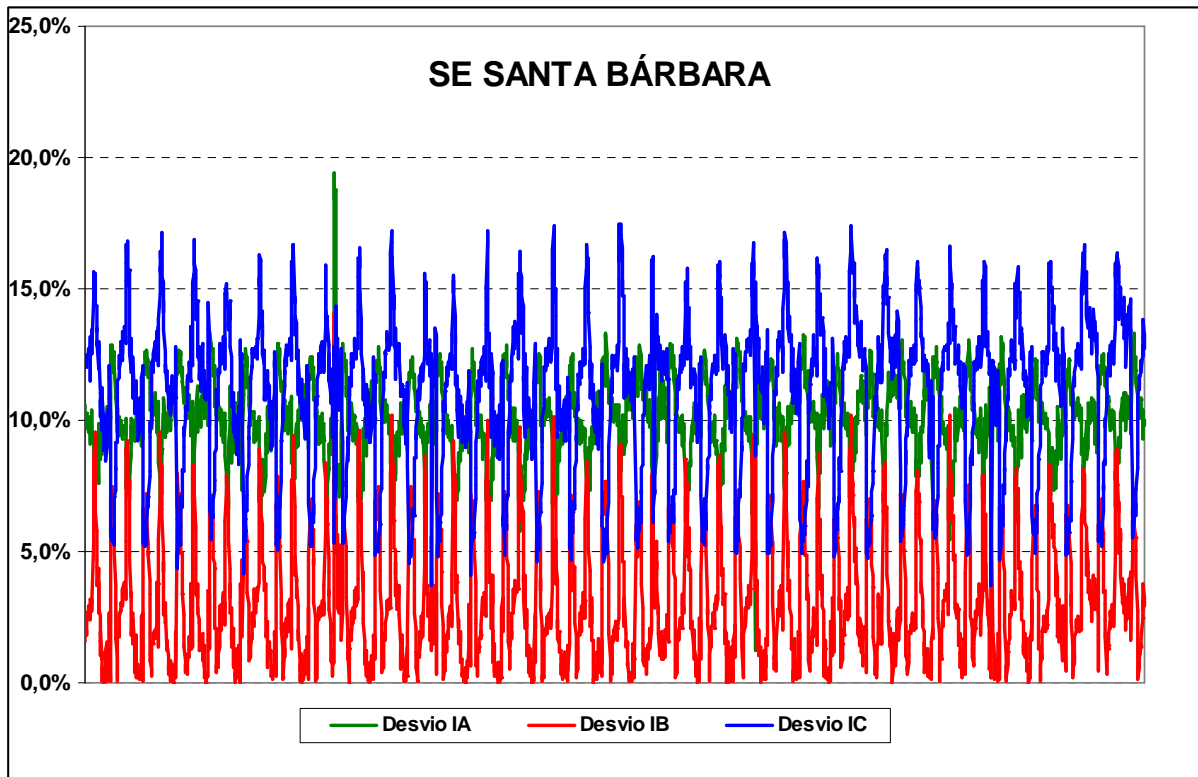


Figura 4.11 – Desvio das correntes por fase em relação à média da SE STB

Fonte: Coelba (Janeiro/2012)

Cargas industriais têm fornecimento trifásico, com a tendência de apresentar maior equilíbrio entre as fases.

A segmentação das cargas das subestações analisadas, feita por classe consumidora, compreende o período de outubro de 2011 a março de 2012, estando graficamente representadas a cada mês, no apêndice deste trabalho.

A média de consumo por classe consumidora é representada na Figura 4.12. A classe residencial é predominante em todas as SEs analisadas, onde apenas na SE Ituberá ficou com percentual inferior a 50%, onde houve participação mais expressiva do segmento industrial.

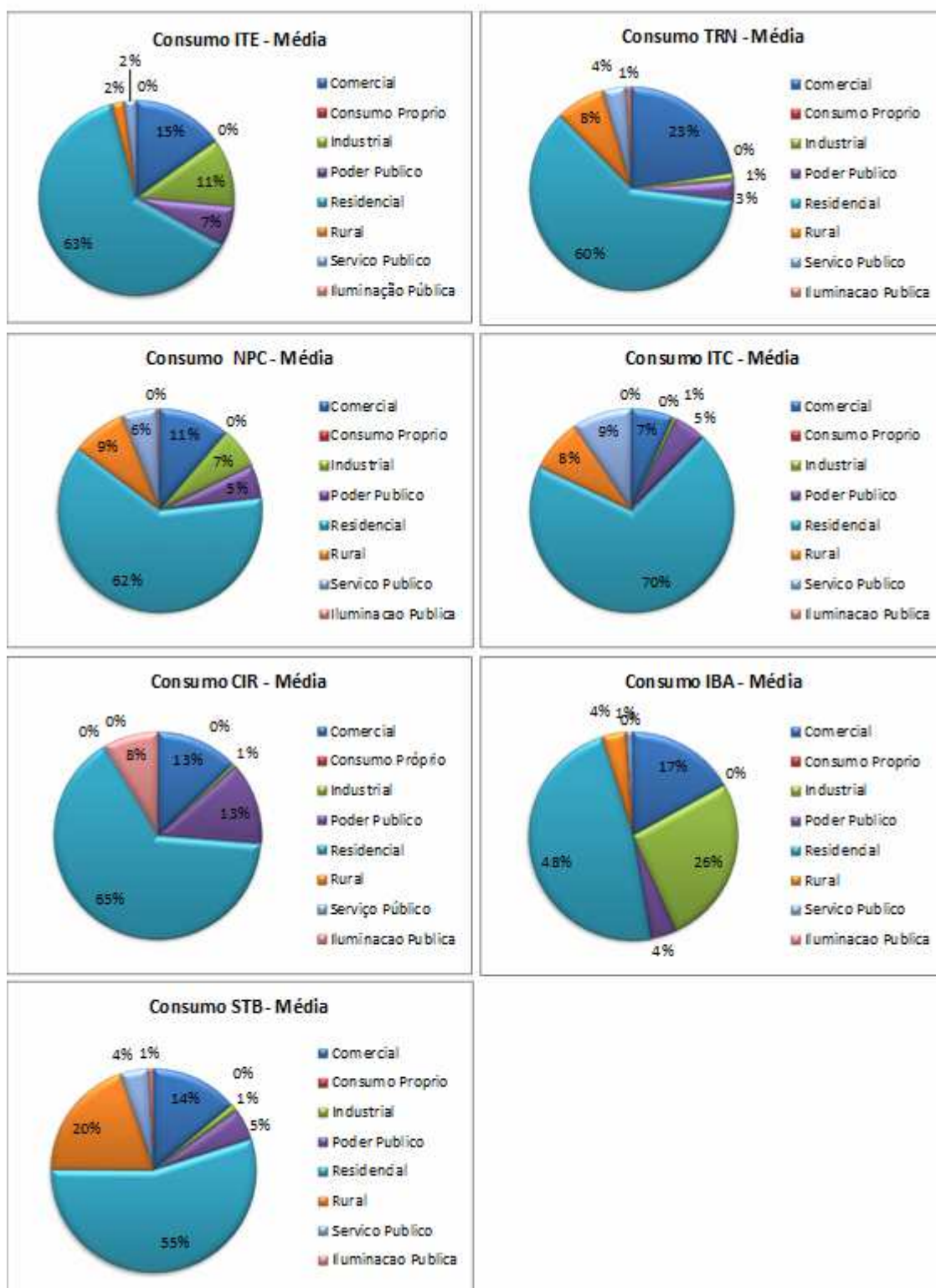


Figura 4.12 – Média de Consumo das SEs por classe de Consumo

Fonte: Coelba (2012)

O PRODIST determina, em seu módulo 8, que o desequilíbrio de tensão seja igual ou inferior a 2% nos barramentos do sistema de distribuição, exceto a baixa tensão, servindo este limite como critério de planejamento para a qualidade de energia elétrica.

Tendo este número como referência, foi observado das Figuras 4.6 e 4.9, que estas SEs estão acima do valor fixado pelo órgão regulador, estando sujeita a concessionária ao pagamento de compensações além de multas.

Para mitigar o desequilíbrio existente é necessário o desembolso de recursos, que podem ser tanto em medidas mitigadoras tidas como custeio – como o balanceamento de cargas na rede elétrica existente - quanto em outras tidas como investimento na rede – a exemplo da adição de fase que permitirá melhor balanceamento das cargas.

Assim, de acordo com os critérios determinados no PRODIST, Equação 3.1 e metodologia deste trabalho, na Tabela 4.1 são expressas essas compensações a serem pagas devido ao desequilíbrio acima do limite fixado, tendo 20 (premissa para avaliação) como valor do fator de ajuste e janeiro como mês base.

Tabela 4.1: Compensações por Desequilíbrio

PAGAMENTO DE COMPENSAÇÕES (R\$)	
SE	DESEQUILÍBRIO Fa=20
CIR	694,16
IBA	6.571,86
ITC	1.413,85
ITE	3.093,38
NPC	3.355,31
TRN	18.583,42
STB	12.628,88
ITE Total	27.757,44

O item ITE Total refere-se às compensações com base no barramento de carga da SE ITE, supridora das demais SEs do eixo, tendo sido para cada uma destas também calculados os respectivos valores.

5 Análise de Resultado

Na Tabela 5.1 são relacionados os valores de compensações pagas em 2011, face a transgressão dos indicadores de conformidade e continuidade de fornecimento.

Tabela 5.1: Compensações pagas 2011

PAGAMENTO DE COMPENSAÇÕES (R\$)		
SE	CONTINUIDADE	CONFORMIDADE
CIR	3.521,21	0,00
IBA	39.636,28	0,00
ITC	4.320,76	0,00
ITE	2.509,91	0,00
NPC	27.997,10	0,00
TRN	32.128,29	0,00
STB	31.824,91	0,00
Total	141.938,46	0,00

Fonte: Coelba (2012)

À primeira impressão, deduz-se que estes valores são da mesma ordem de grandeza daqueles constantes na Tabela 4.1.

Entretanto, enquanto estes últimos representam valores anuais, o de desequilíbrio reflete apenas o valor apurado para o mês de janeiro/2012.

A compensação para duas condições com fator de ajuste correspondendo a 20 e 200 foi simulada de modo a melhor dimensionar o impacto e influência deste fator no valor total, dentro da proposta apresentada.

A ANEEL, a seu critério, pode considerar que para os valores de fator de desequilíbrio apurados neste trabalho, o fator de ajuste assumia valores menores, o que aumenta consideravelmente o valor da compensação aos clientes.

Na Tabela 5.2 é traduzida esta comparação e melhor visualizada no gráfico da Figura 5.1, onde todos os valores estão em base anualizada.

Tabela 5.2: Comparativo de Compensações

PAGAMENTO DE COMPENSAÇÕES (R\$)			
SE	CONTINUIDADE	DESEQUILÍBRIO Fa=20	DESEQUILÍBRIO Fa=200
CIR	3.521,21	8.329,94	832,99
IBA	39.636,28	78.862,37	7.886,24
ITC	4.320,76	16.966,18	1.696,62
ITE	2.509,91	37.120,56	3.712,06
NPC	27.997,10	40.263,68	4.026,37
STB	31.824,91	223.001,08	22.300,11
TRN	32.128,29	151.546,53	15.154,65
ITE Total	110.113,55	333.089,30	33.308,93

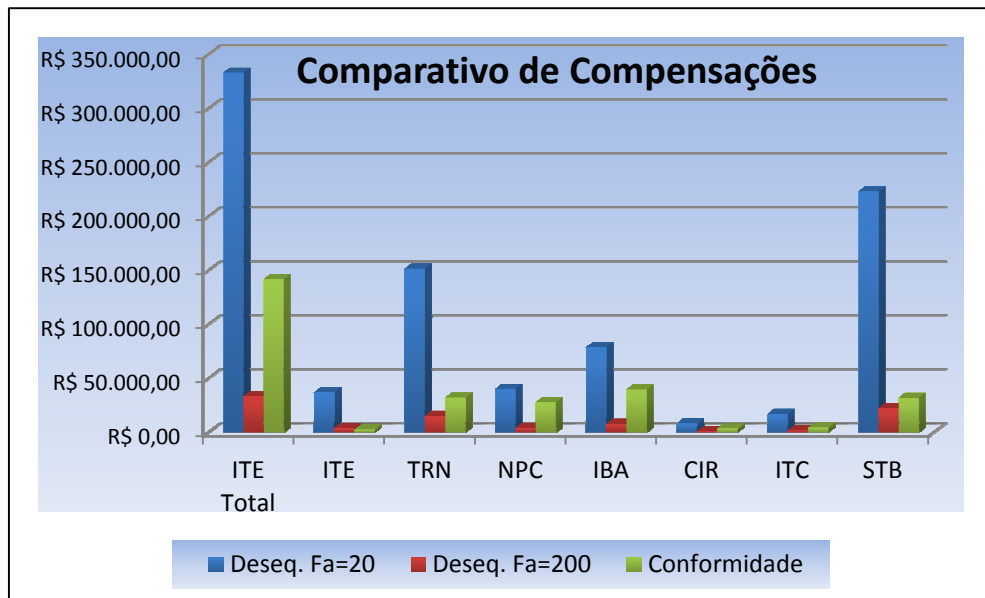


Figura 5.1 Comparativo de Compensações

O valor devido ao desequilíbrio de tensão com fator de ajuste 20 é significativamente maior que o valor pago por Continuidade - cujo montante hoje é bem representativo nas concessionárias.

Assim, percebe-se que o fator de ajuste dentro da metodologia proposta, cujo índice pode variar de 10 a 200, funciona como um dosador que define uma penalidade de cunho mais ou menos rigorosa.

Neste estudo de caso, a compensação por desequilíbrio de tensão representa um valor da ordem de 800% superior (considerando $F_a=10$, Tabela 5.2 e Equação 3.1) ao desembolsado por transgressão dos indicadores de continuidade e conformidade. Devido a estes últimos, a Coelba desembolsou em 2011 cerca de R\$ 25,8 milhões em compensações a consumidores. Dada a extensão do Estado da Bahia e do Sistema Elétrico da Coelba, considerando apenas cerca de 15% desta rede sob as condições de desequilíbrio abordadas, a compensação por este indicador poderá chegar a cifra de R\$ 30,3 milhões.

Pela analogia mais ampla no universo da concessionária, é extremamente significativo o montante de recursos que pode vir a ser pago por violação do limite de desequilíbrio de tensão.

6 Considerações Finais

O desequilíbrio de tensão pode vir a ter um grande potencial de impacto financeiro na forma de penalidades e compensações sobre as distribuidoras de energia.

Por ser de caráter permanente, exige constante trabalho de monitoramento e sobretudo de equilíbrio das cargas, pois a exemplo dos indicadores que hoje compensam os consumidores, este também se dará enquanto persistir a violação, dosada por um índice definido pelo poder regulador, no modelo analisado.

Além disso, outro argumento que reforça o acima exposto é que pode trazer associado a si outras violações, a exemplo da conformidade de tensão – que ainda não está tão em foco – e geralmente por baixa tensão, por ser mais perceptível, traduzindo-se em mais penalidades.

Considerando que as cargas que apresentam demanda e portanto consumo variável com a tensão - impedância constante - que são parcela majoritária na rede elétrica, sob efeito do desequilíbrio de tensão podem apresentar redução na performance de trabalho de equipamentos com a consequente redução no consumo de energia, representando perdas financeiras para a concessionária que, mesmo disponibilizando seu produto no ponto de entrega, não consegue vendê-la plenamente. Ainda nesta condição, indenizações decorrentes de danos elétricos quando da não ocorrência de distúrbio na rede elétrica, podem ter associadas à causa, valores de tensão alta ou baixa em função do desequilíbrio de tensão.

Os desdobramentos econômicos do indicador Desequilíbrio de Tensão são extensos, merecedor portanto de mais atenção pelas empresas distribuidoras de energia, não só pelo impacto financeiro e na imagem corporativa, mas também pelo fato de que a engenharia bem aplicada economicamente, remunera com excelência os investimentos realizados e atende aos indicadores de qualidade e conformidade do serviço e do produto fixados em legislação.

Referências

- PRODIST – **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional**, ANEEL, Módulo 8 revisão 4, aprovada pela Resolução Normativa 469/2011. Disponível em <http://www.aneel.gov.br>.
- ANEEL – **Agência Nacional de Energia Elétrica**, Resolução Homologatória 1.142, de 19 de abril de 2011.
- HOFMANN, P., PILLAY, P. - **Derating of Induction Motors Operating with a Combination of Unbalanced Voltages and Over- or Undervoltages**, IEEE Transactions on Energy Conversion, vol 17, No. 4, 2002 .
- KRISHNA, K., V., V. – **Effects of Unbalance Voltage on Induction Motor Current and its Operation Performance**, Lecon Systems, 2007.
- JANUZZI, Antonio Cezar. **Regulação da Qualidade de Energia Elétrica sob o Foco do Consumidor** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.
- NEMA - **NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION** – MG-1,1993.
- STEVENSON - **Análise de Sistemas de Potência**. Rio de Janeiro: McGraw Hill. 1978
- MONTICELLI, A.J. – **Fluxo de carga em Sistemas de Potência**. São Paulo: Edgard Blucher, 1983
- GREENWOOD, A – **Electrical Transients in Power Systems**. 2.ed. Wiley Interscience, 1971
- LEE, C. Y., CHEN, B. K., LEE, W. J., HSU, Y. F. - **Effects of Various Unbalanced Voltages on the Operation Performance of an Induction Motor under the Same Voltage Unbalance Factor Condition**. IEEE, 1997
- DUGAN, R. C., McGRANAGHAN, M. F. and BEATY, H. W. – **Electrical Power Systems Quality**. New York: McGraw Hill. 1996
- MANYAGE, M., PILLAY, P. – **Definitions of Voltage Unbalance**. IEEE Power Engineering Review Magazine, Volume 22, edição 5, 2005
- MANYAGE, M., PILLAY, P. – **Loss of Life in Induction Machines Operating With Unbalanced Supplies**. IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 21, N° 4, 2005
- MARX, S. E. – **Symmetrical Components**. Washington State University. 2011
- PEREIRA, Paulo; LIMA, Danusia – **Avaliação dos Desequilíbrios de Tensão em redes de Distribuição Secundária**, disponível em http://www.labplan.ufsc.br/congressos/CBQEE_VIII_2009/web/docs/116.pdf, acesso em 03 de Maio de 2012.
- JOUANNE, A., BANERJEE, B. – **Assessment of Voltage Unbalance**. IEEE Transaction on Power Delivery, 2001

DRIESEN, J., CRAENENBROECK, T. – **Perturbações de Tensão**. European Cooper Institute, Instituto Brasileiro do Cobre – PROCOBRE, 2002

BELCHIOR, F. N. – **Generalidades Sobre Desequilíbrios de Tensão**. Universidade Federal de Itajubá, 2010

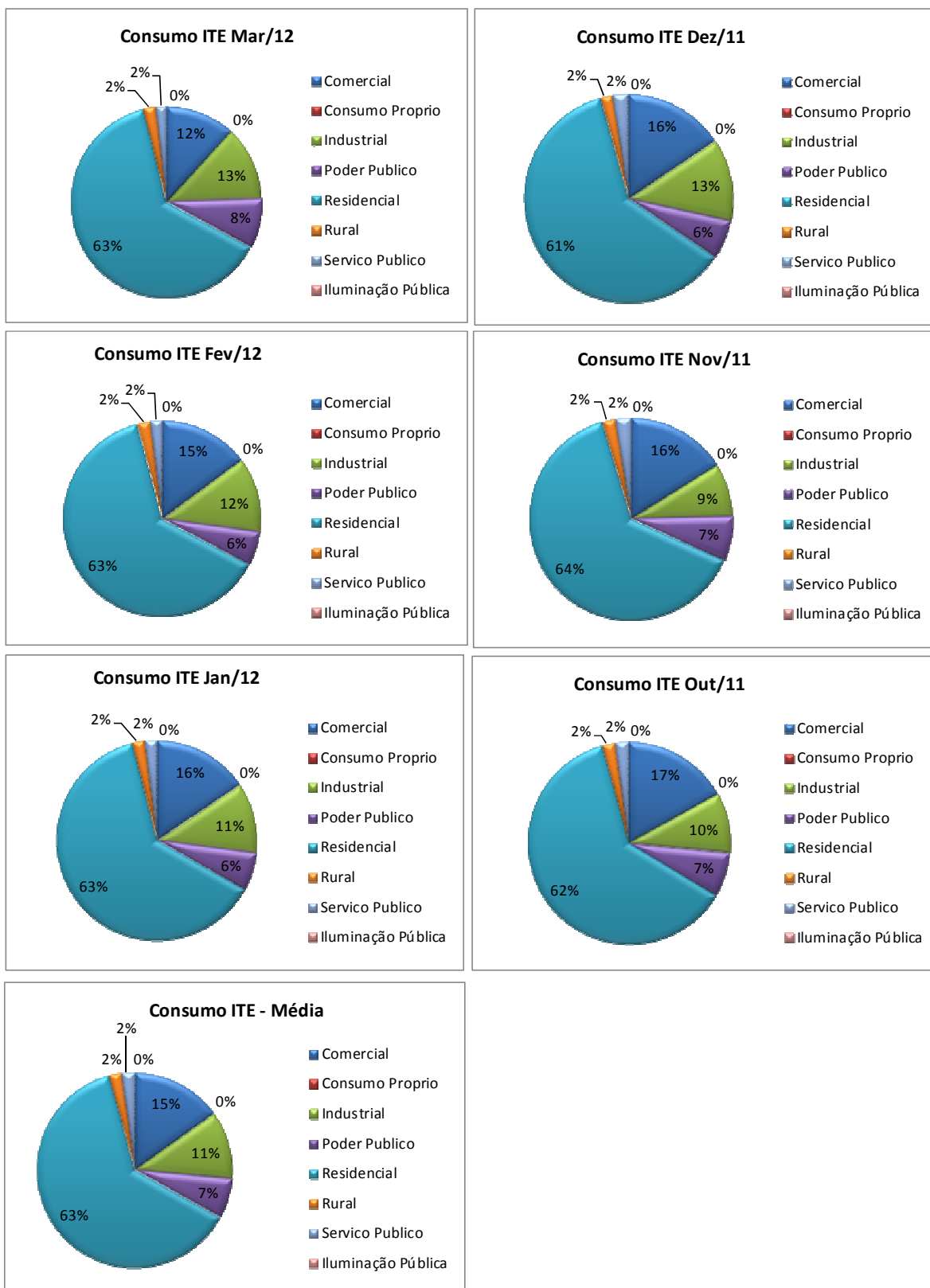
BEN – **Balanco Energético Nacional**. Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2011. Disponível em <https://ben.epe.gov.br>

ROBERT, A., MARQUET, J. – **Assessing Voltage Quality with relation to Harmonics, Flicker and Unbalance**, WG 36.05, Paper 36-203, CIGRE 92

BOLLEN, M. H. J. – **Definitions of Voltage Unbalance**. IEEE Power Engineering Review Magazine, Volume 22, 5^a edição, 2002

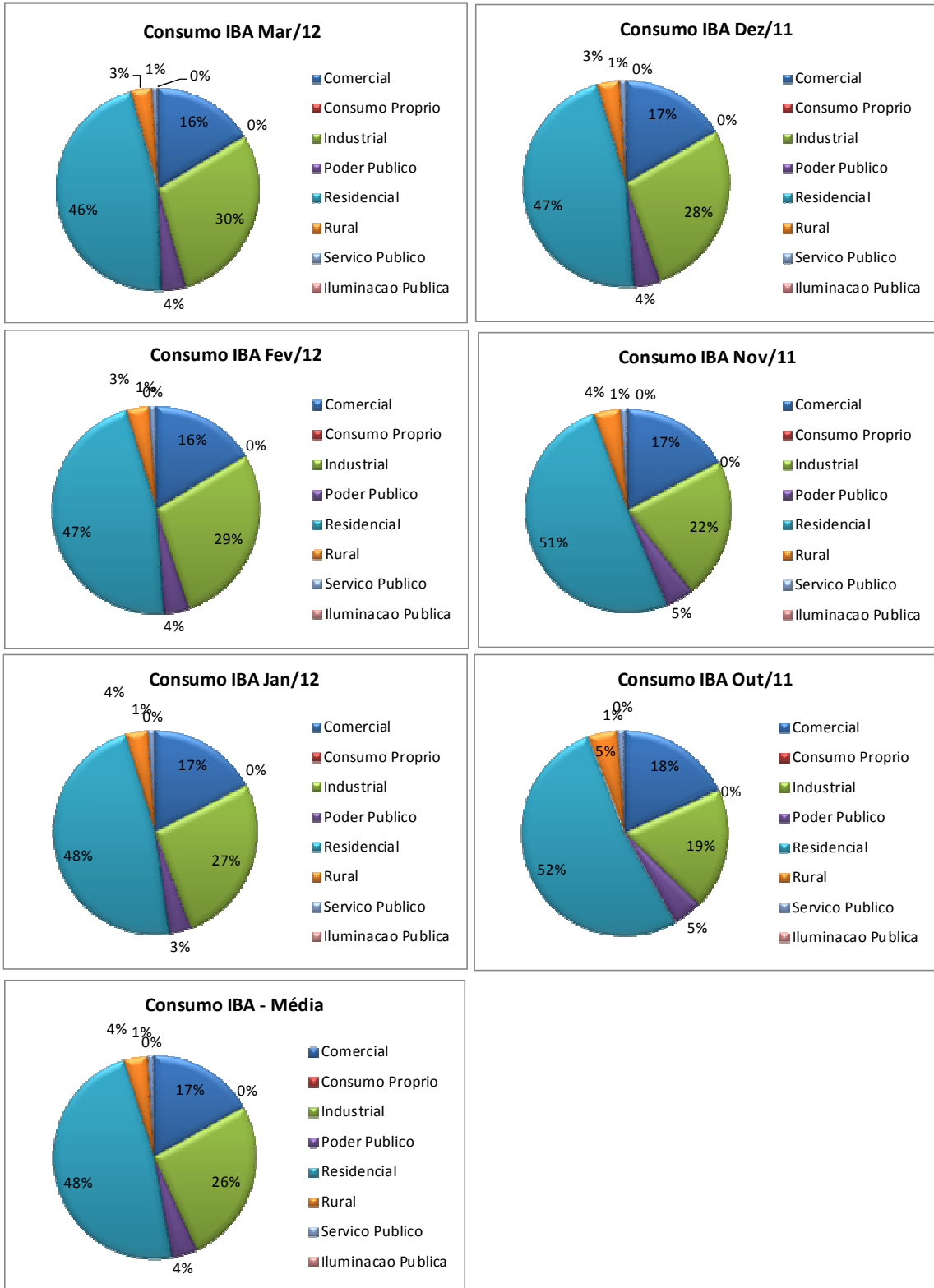
Anexo I

Estratificação das cargas da SE Itaberoê por classe de consumo



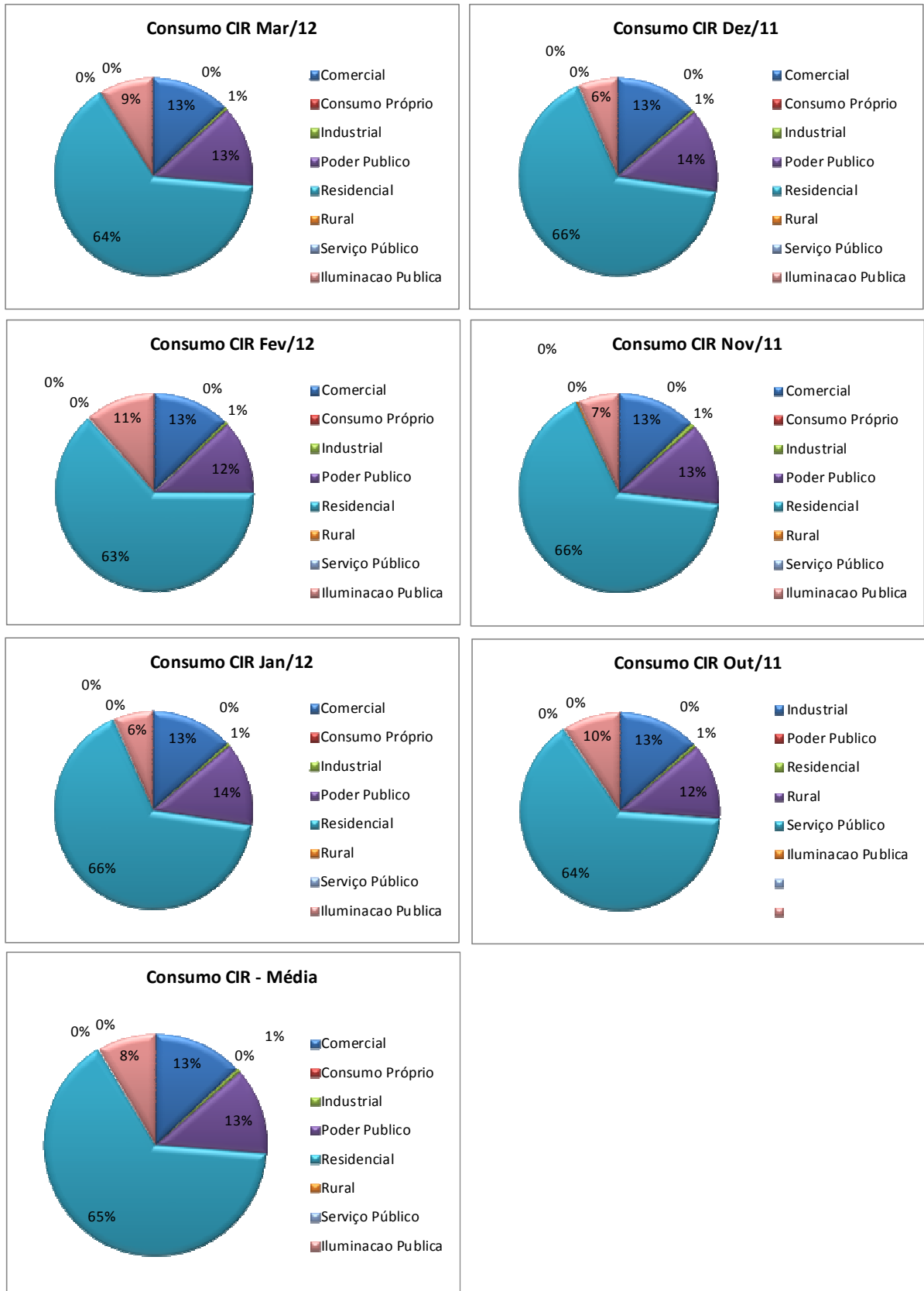
Anexo II

Estratificação das cargas da SE Ituberá por classe de consumo



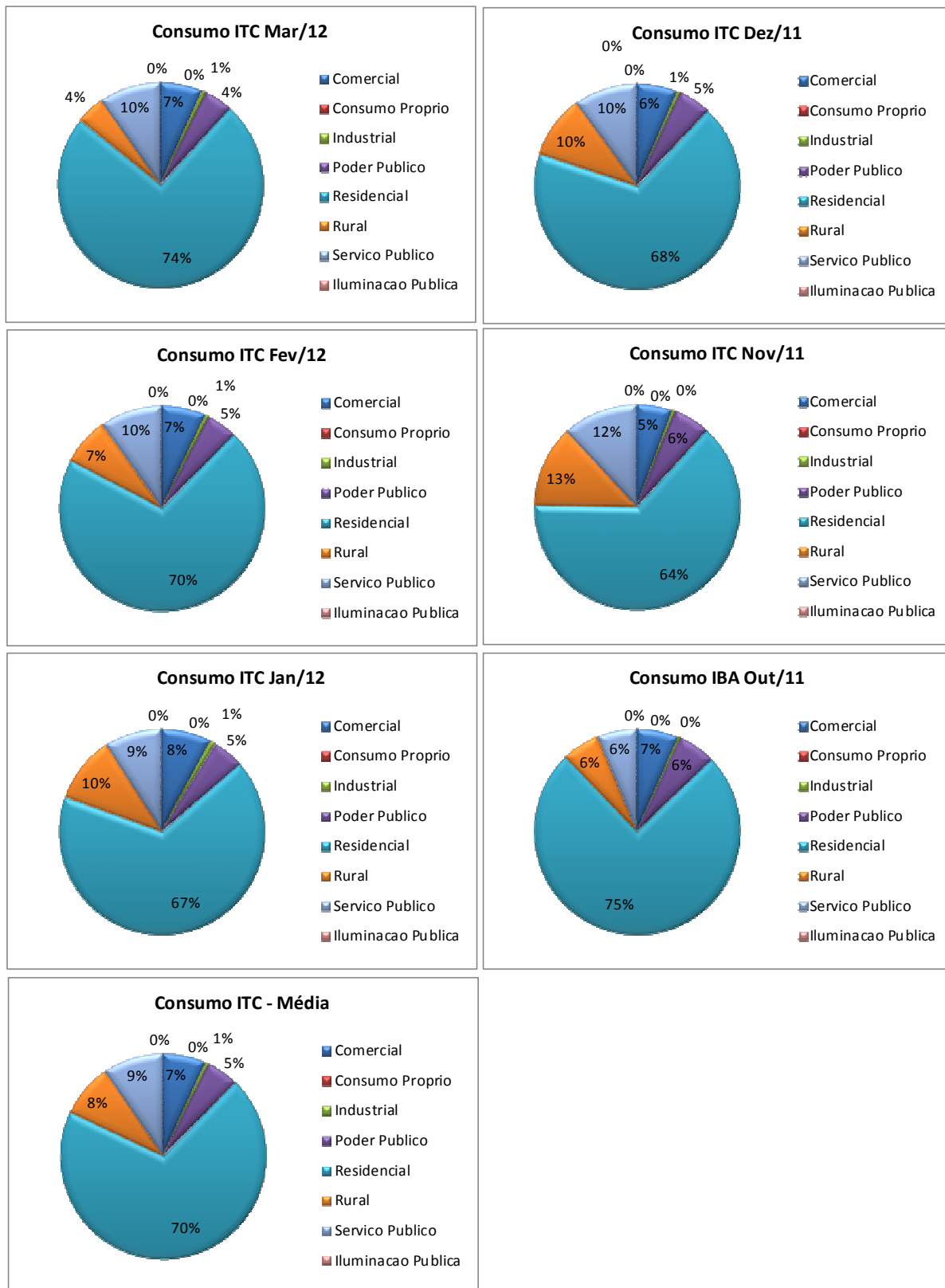
Anexo III

Estratificação das cargas da SE Cairu por classe de consumo



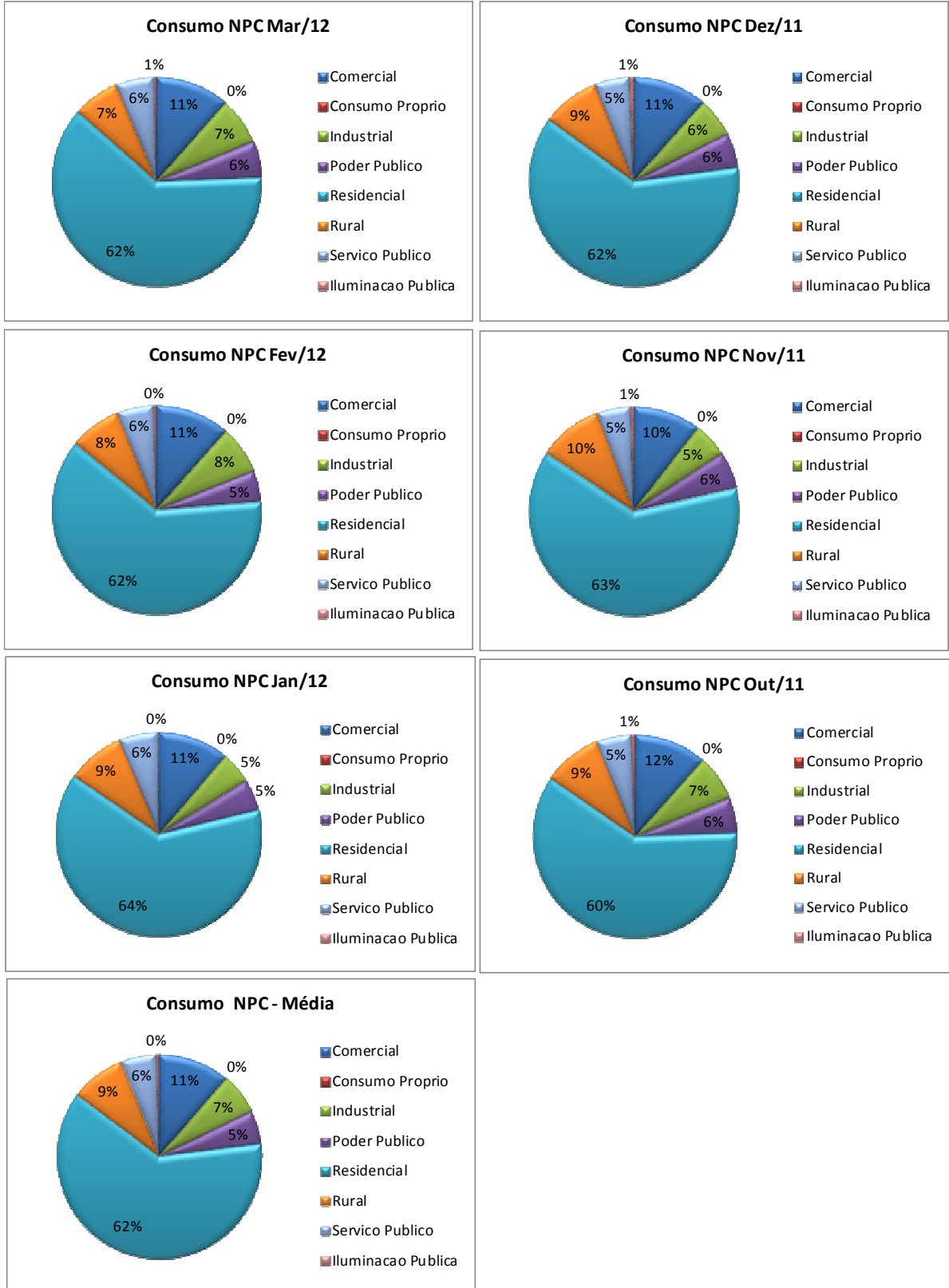
Anexo IV

Estratificação das cargas da SE Itiúca por classe de consumo



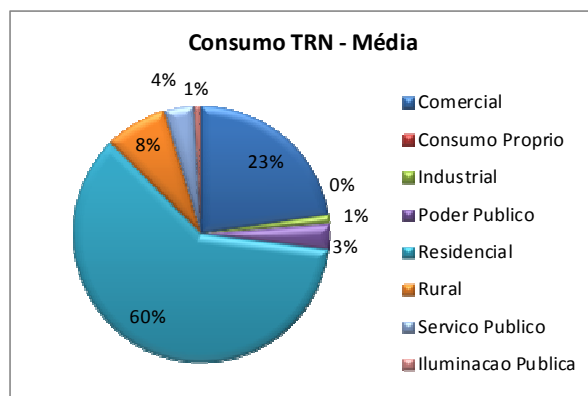
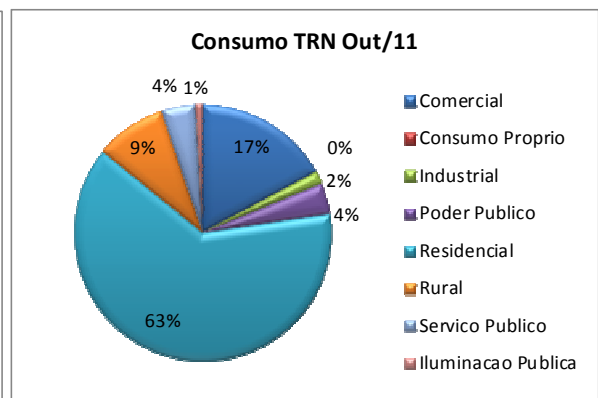
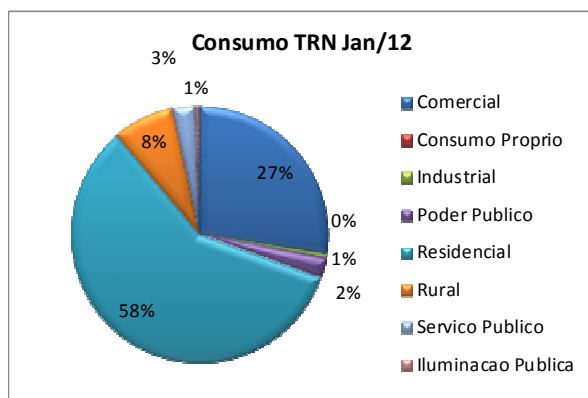
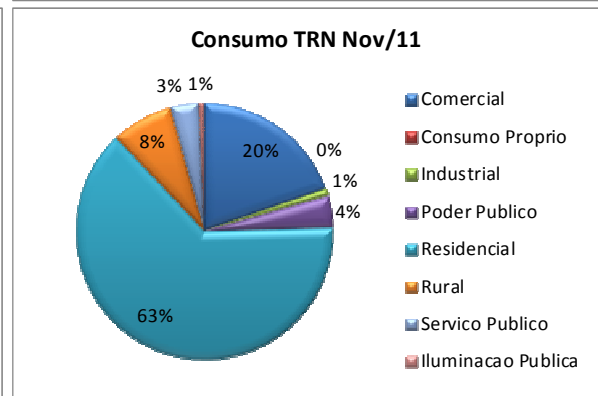
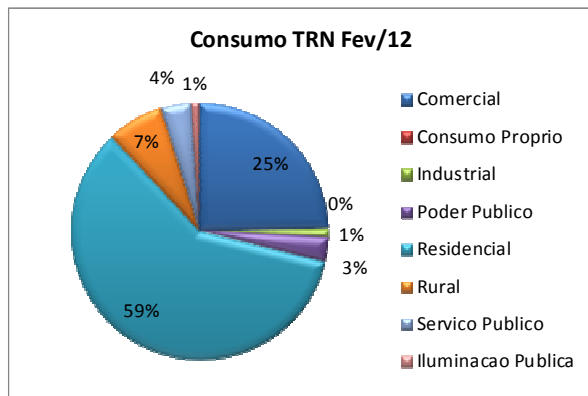
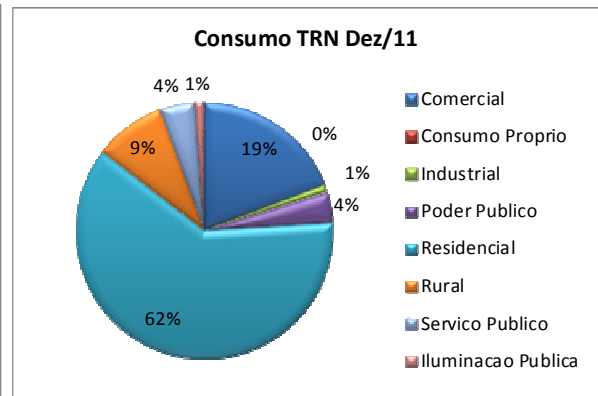
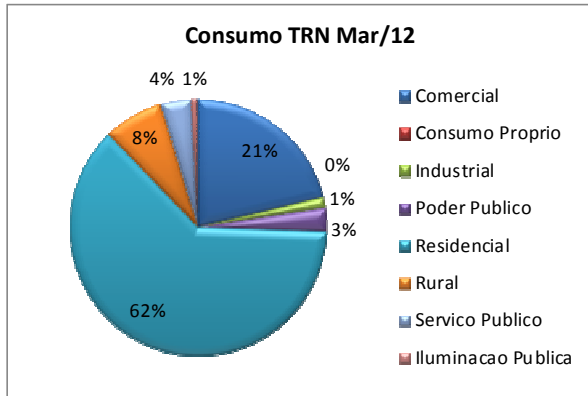
Anexo V

Estratificação das cargas da SE Nilo Peçanha por classe de consumo



Anexo VI

Estratificação das cargas da SE Torrinhas por classe de consumo



Anexo VII

Estratificação das cargas da SE Santa Bárbara por classe de consumo

