

IVO ORDONHA CYRILLO

**Estabelecimento de Metas de Qualidade na Distribuição de Energia
Elétrica por Otimização da Rede e do Nível Tarifário.**

São Paulo

2011

IVO ORDONHA CYRILLO

**Estabelecimento de Metas de Qualidade na Distribuição de Energia
Elétrica por Otimização da Rede e do Nível Tarifário.**

Dissertação de mestrado apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo.

Área de Concentração: Sistemas de
Potência.

Orientador: Prof. Dr. **Carlos Márcio Vieira
Tahan**

São Paulo

2011

Cyrillo, Ivo Ordonha.

Estabelecimento de metas de qualidade na distribuição de energia elétrica por otimização da rede e do nível tarifário / I. O. Cyrillo. - - São Paulo, 2011.

124p.

Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Elétrica. Área de concentração Sistemas de Potência.

1. Distribuição de energia elétrica. 2. Política tarifária. 3. Indicadores de qualidade. I. Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Elétrica. II. T.

Ao povo brasileiro

AGRADECIMENTO

Uma dissertação de mestrado oferece dois grandes frutos. Um é o trabalho consolidado em páginas, outro é o aluno que se forma mestre e melhor cidadão. Agradeço ao professor Tahan por tão bem me orientar neste processo de amadurecimento e me conduzir neste trabalho.

Muitas contribuições permitiram que este trabalho acontecesse. Ele nasceu de um projeto de pesquisa no qual participaram Enerq, Sinapsis, FIPE e Eletropaulo. Agradeço a Sinapsis pelo ambiente fecundo e por me permitir conduzir as pesquisas em qualidade de energia. Obrigado Marcelo Pelegrini pelas contribuições tão valiosas neste processo. As amizades foram fundamentais para cultivar as ideias iniciais e fornecer lastros para todo esse desenvolvimento, agradeço aos meus grandes amigos Lino, Wagner, Matheus, Ana, Fernanda e a meu irmão Kim pelo apoio na dissertação e por todos esses anos de convívio.

Agradeço à AES Eletropaulo, pelo incentivo através de programas de pesquisa e desenvolvimento e através da participação ativa para melhor caracterizar a qualidade de energia elétrica, agradeço sobretudo à Carlos Longue, Eduardo Francisco, Silvio Baldan, Sérgio e Cardoso por terem contribuído de maneira expressiva com os resultados desse trabalho. Agradeço também aos professores Francisco Anuatti, Fernanda Gabriela Borger e Walter Belluzzo pelas contribuições em relação ao custo da qualidade da energia e ao desenvolvimento da dissertação.

Os anos de convívio no Enerq me possibilitaram crescer como pesquisador. Agradeço aos ensinamentos dos professores Nelson Kagan, Hernan, e Marcos Gouveia. Agradeço também aos eternos professores Robba e Arango, nos quais me apoiaram para desenvolver grande parte dos trabalhos aqui apresentados, orientado pelo professor Tahan.

Agradeço finalmente aos meus pais, Antonio e Antonia, pelas bases fundamentais da formação do meu caráter e de todo meu trabalho.

RESUMO

A definição de metas de qualidade no fornecimento de energia é feita atualmente através de análises comparativas entre redes semelhantes. Com isso visa-se a otimização dos recursos sem impactos nos investimentos e nas despesas de manutenção. Preceito desta metodologia é que não haja investimentos adicionais e que a qualidade melhore de modo similar à da rede usada como benchmark. Este modelo não consulta diretamente a opinião dos consumidores. Outra particularidade deste modelo é que nem sempre se pode garantir que as redes usadas como benchmark estão em uma situação de ótimo ou próxima dela.

De qualquer forma este modelo deve saturar e então devem ser buscadas outras metodologias.

Este trabalho apresenta as bases para o estabelecimento de metas de qualidade baseada nos custos de investimentos da concessionária e na opinião e nos custos dos consumidores. O impacto tarifário decorrente da inclusão da qualidade da energia no modelo econômico da concessionária também é analisado. Os resultados apresentados discutem as pesquisas de valoração do custo da qualidade para o consumidor, o estabelecimento de metas de qualidade e a avaliação dos investimentos da concessionária em qualidade da energia elétrica.

ABSTRACT

The definition of quality goals on the supply of electrical energy is nowadays made in Brazil through the comparison between similar networks. With that, the optimization of the resources is aimed without impacts on the investments and expenditures of maintenance. The precept of this methodology is not having any additional investments so that the quality improves in a similar way to the benchmark network. This model does not consult directly the opinion of consumers. Another particularity of this model is that the situation of the benchmark network can't always be assured to be on its optimal state or close to it.

Therefore, this model is expected to saturate, and other methodologies must then be searched.

This work presents the basis for the establishment of goals for quality based on the costs of the investments of the utilities and on the consumer's costs and opinion. The impact on the rate that may result from the increase of the energy quality on the economical model of the utilities is also analyzed. The results presented discuss the research on valuation of quality cost for the consumer, the establishment of goals for quality and evaluation on the investments on energy quality made by the utilities.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuição de Energia Elétrica
ANAEEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AT	Alta Tensão
B/C	Benefício/ Custo
BRL	Base de Remuneração Líquida
BT	Baixa Tensão
CEND	Custo da Energia não distribuída
DAP	Disposição a Pagar
DAR	Disposição a Receber
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por unidade consumidora
DIC	Duração de Interrupção Individual por unidade consumidora
DMIC	Duração Máxima Contínua por Unidade Consumidora
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
ECA	Excedente do Consumidor
END	Energia Não Distribuída
EVA	Excedente da Distribuidora
EWA	Benefício Social Total
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por unidade consumidora
FIC	Frequência de Interrupção Individual por unidade consumidora
ICMS	Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviço
IRPJ	Imposto de Renda para Pessoa Jurídica
MAC	Método de Avaliação Contingente
MT	Média Tensão
O&M	Operação e Manutenção
PIB	Produto Interno Bruto
PRODIST	Procedimentos de Distribuição
RESEB	Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro
SEs	Subestações
SISPAI	Sistema Integrado de Planejamento Agregado de Investimentos
TAROT	Tarifa Otimizada
TRII	Taxa de Retorno Interno Inicial
VNR	Valor Novo de Reposição
VP	Valor Presente
VPL	Valor Presente Líquido
VTCDs	Variações de Tensões de Curta Duração
WACC	Custo Médio Ponderado de Capital

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVO.....	14
1.1. Introdução	14
1.2. Objetivo	16
1.3. Estrutura do Trabalho	17
CAPÍTULO 2 - ESTADO DA ARTE	19
2.1. Histórico da Regulamentação da Qualidade de Energia no Brasil.....	19
2.2. Regulação da Continuidade da Energia Elétrica por Indicadores Coletivos.	24
2.3. Regulação da Qualidade de Energia por Comparação	25
2.4. Regulamentação da Continuidade de Energia por Investimentos na Rede e Otimização do Sistema.....	28
2.4.1. Planejamento Agregado do Sistema de Distribuição	28
2.4.2. Tarifa Otimizada do Sistema - Tarot	31
2.5. Regulamentação dos Serviços Diferenciados	38
2.6. Regulamentação da Qualidade da Energia em Outros Países ..	39
CAPÍTULO 3 – O VALOR DA QUALIDADE DE ENERGIA.....	42
3.1. Introdução e Conceituação	42
3.2. A Percepção do Custo da Qualidade.....	45
3.2.1. Custo da interrupção pela ótica da Distribuidora	46
3.2.2. Visão do Regulador	50
3.2.3. Visão do Consumidor	51
3.3. O Custo da Interrupção da Energia Elétrica e sua Valoração	52
3.3.1. Custo da Interrupção em São Paulo	54
3.4. Pesquisa de Custo da Qualidade para a Área em Estudo	56
3.4.1. Método de Avaliação Contingente	56
3.4.2. Pesquisa em São Paulo para Obtenção da Disposição a Pagar pela melhoria da qualidade de energia.....	58

3.4.3. Resultados Qualitativos da Pesquisa.	61
3.4.4. Resultados Quantitativos	61
3.4.5. Considerações sobre os resultados de DAP	63
CAPÍTULO 4 – USO DO SISPAI PARA DEFINIÇÃO DE METAS DE CONTINUIDADE.....	64
4.1. Introdução	64
4.1.1. SISPAI e Qualidade da Energia Elétrica	64
4.1.2. Dados da Rede e Critérios	66
4.1.3. Resultados do SISPAI.....	67
4.2. Cálculo de Investimentos	69
4.2.1. Parâmetros Técnicos e Econômicos	69
4.2.2. Investimentos e END	71
4.2.3. DEC e END	72
4.2.4. FEC e END.....	74
4.2.5. Investimento <i>versus</i> Qualidade – medida através do DEC.....	75
4.2.6. Obras.....	77
4.2.7. Efeitos das Obras de Expansão na Qualidade da Energia	79
4.3. Impactos dos Investimentos e Análise dos Resultados	80
4.3.1. Valor Médio de Acréscimo de Custo ao MWh Fornecido Devido a Melhoria de Qualidade	80
4.3.2. Custo Marginal.....	83
4.3.3. Cálculo do Impacto no Valor Novo de Reposição dos Ativos	83
4.3.4. Discussão dos Resultados do Estudo de Caso	84
4.4. Fixando metas de qualidade a partir dos Resultados.....	87
4.4.1. Uso do Custo Social da Energia Não Distribuída	87
4.4.2. Uso da DAP/DAR para definição dos padrões de qualidade	89
4.4.3. Relação entre DAP e Custo da END	93
4.4.4. Possibilidade de aplicação para serviços diferenciados.....	94
CAPÍTULO 5 - ANÁLISE DA MELHOR TARIFA OTIMIZADA – TAROT	95
5.1. Introdução	95
5.1.1. Tarifa Otimizada e Planejamento Agregado de Investimentos ...	96
5.2. Modelo de custos da qualidade para o consumidor	97

5.3. Modelo de Custo para a Concessionária	100
5.3.1. Investimentos em Qualidade de Fornecimento	100
5.4. Relação entre Investimentos e Qualidade de Fornecimento ..	101
5.5. Tarot	105
5.5.1. Modelo de Regulação Econômica do setor energético Brasileiro	105
5.5.2. Modelo de Otimização	105
5.5.3. Otimização sem Considerar a Qualidade	108
5.5.4. Análise tarifária com qualidade de energia elétrica	110
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
ANEXO 1 – Dados para o Modelo Tarot.....	124

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo Microeconômico consumidor e concessionária para energia elétrica.....	31
Figura 2: Diagrama dos aspectos considerados pelo modelo.....	32
Figura 3: Diagrama do Modelo TAROT com as equações	34
Figura 4: Representação da Otimização do Sistema do ponto de vista microeconômico	36
Figura 5: Modelo TAROT considerando a qualidade de energia	37
Figura 6: Principais Aspectos na Avaliação do Custo da Qualidade	44
Figura 7: Divisão do valor do MWh pago pelo consumidor entre Parcela A e Parcela B.	47
Figura 8: Custo da Qualidade para a Concessionária: perdas de faturamento	49
Figura 9: Custo da Qualidade imposto pelo Regulador à Concessionária no caso de não atendimento das metas de continuidade conjuntamente com perdas de faturamento	50
Figura 10: Custo da Qualidade para o consumidor e para a concessionária	52
Figura 11: Gráfico da evolução dos investimentos em decorrência do aumento do custo unitário da END.	72
Figura 12: Gráfico do DEC (horas/ ano) para diferentes valores de custo social unitário da END (R\$/kWh)	74
Figura 13: Gráfico do FEC (Interrupções/ ano) para diferentes valores de custo social unitário da END (R\$/kWh), de acordo com a cor das curvas	75
Figura 14: Obras Propostas pelo SISPAI para uma simulação	78
Figura 15: DECm - Valor do DEC a valor presente considerando os valores de DEC para cada ano do horizonte de planejamento.....	99
Figura 16: Custo da qualidade para a região estudada em função dos investimentos em melhoria da qualidade de fornecimento	104
Figura 17: Modelo Econômico entre Distribuidora e Consumidor	105
Figura 18: Diagrama do Modelo TAROT com as equações	106
Figura 19: Aplicação da Análise Inicial para o Modelo Tarot (sem Otimização) no Momento da Revisão Tarifária- Regional Oeste – Valores em Milhões de Reais	108
Figura 20: Otimização dos valores de investimentos para a área em estudo – valores em milhões de Reais	109
Figura 21: Modelo tarifário com a inclusão dos custos da qualidade.....	110
Figura 22: Modelo da Revisão Tarifária Acrescido do Custo da Qualidade	111
Figura 23: Modelo de revisão tarifária considerando os custos da qualidade otimizados	112
Figura 24: Otimização segundo cenário da DAP	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Disposição a pagar por Valor de Acréscimo na Conta e Resultado da DAP	62
Tabela 2: Custo das perdas e pesos na análise	70
Tabela 3: Parâmetros Econômicos para a simulação	71
Tabela 4: Valores técnicos para os limites de Tensão (em pu)	71
Tabela 5: Orçamento máximo para investimentos para o horizonte considerado	71
Tabela 6: Valores dos investimentos (milhares de Reais) em decorrência do aumento do custo social unitário da END (R\$/MWh)	72
Tabela 7: Valores anuais de DEC (horas/ano) para diferentes valores de custo social unitário da END (R\$/kWh)	73
Tabela 8: Valores anuais de FEC (interrupções/ano) diferentes valores de custo social unitário da END (R\$/kWh)	74
Tabela 9: Relação entre Investimento e Qualidade da Energia medida em DEC	76
Tabela 10: Valores utilizados na Simulação – variação sobre o caso base	77
Tabela 11: Resultados da Simulação para a Área Estudada – Exceto	80
Tabela 12: Consumo de Energia Anual na Regional Oeste segundo SISPAI.....	81
Tabela 13: Valor Presente da Energia Consumida na Regional Oeste	81
Tabela 14: Investimentos necessários para os cenários de base e de melhoria - Variação entre ambos	81
Tabela 15: Variação do Custo Médio Anual por MWh fornecido	82
Tabela 16: Quantificação dos ativos da rede primária considerando valores novos de reposição no modelo do SISPAI – Regional Oeste.....	84
Tabela 17: Impactos nos Ativos devido às obras necessárias e às obras de melhoria	84
Tabela 18: Relação entre valores presentes dos Investimentos e qualidade de energia medida através do DEC (em horas/Ano)	85
Tabela 19: Resultado da Definição das Metas de DEC (h/ano)	88
Tabela 20: Quadro para a Proposta de Apenas uma Parcela da População pagar pelo Serviço	91
Tabela 21: População disposta a pagar o valor obtido através da pesquisa	92
Tabela 22: Análise de valores alternativos de DAP para toda a população	93

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVO

1.1. Introdução

As mudanças ocorridas na organização funcional do setor elétrico a partir da década de 1990, estabelecendo a quebra de monopólios verticais e incentivando a concorrência nos mercados de geração e de consumo, bem como a regulação das concessões de distribuição e transmissão de energia visaram o aumento de eficiência. No setor de distribuição de energia elétrica, as políticas e a regulação das empresas tiveram como resultados o atendimento da expansão do sistema, a inclusão de novos consumidores através da universalização do serviço e o estabelecimento de padrões de qualidade buscando melhorar os indicadores de desempenho.

Historicamente, o estabelecimento de normas quantitativas para a qualidade energia elétrica no Brasil teve seu início com a publicação da Portaria 46/1978 do DNAEE [1], que estabeleceu indicadores de continuidade de fornecimento de energia elétrica (frequência de interrupções e de duração das interrupções) em função das características de atendimento. Atualmente a regulamentação sobre qualidade de energia elétrica está sendo estabelecida através dos Procedimentos de Distribuição, PRODIST [2].

A qualidade de energia elétrica é composta de vários aspectos, os principais são a qualidade de serviço, que inclui continuidade e atendimento, e qualidade do produto, que abrange a conformidade da tensão de fornecimento e restringe assimetrias de fase, harmônicos, flicker e VTCD's.

Os aspectos de qualidade de fornecimento têm ênfase na continuidade e são relacionados com a quantidade de interrupções e o tempo de retorno do

fornecimento. Os indicadores desses aspectos podem ser individuais ou coletivos. DEC e FEC são o tempo médio de duração das interrupções por consumidor e a frequência média de interrupções por consumidor, respectivamente. DIC e FIC são os valores individuais de cada cliente para duração e frequência de interrupções. O desenho regulatório deve buscar otimizar o “bem estar social” através de melhores praticas de atendimento.

O atual marco regulatório da qualidade de energia busca a otimização da eficiência do sistema para a continuidade de fornecimento, considerando para isso algumas características da rede e do mercado através de métodos comparativos entre desempenhos de empresas similares.

Entretanto estabelecer metas de qualidade de energia elétrica é um assunto controverso. Por um lado os consumidores pretendem pagar o mínimo possível para a melhor qualidade, por outro as concessionárias pretendem criar margem de lucro, restringindo os investimentos em qualidade e os serviços de manutenção. O Regulador, ao estabelecer padrões de qualidade baseados somente em padrões comparativos entre as concessionárias, pode penalizar o consumidor, pois não se conhece a disposição dos consumidores para arcar com os custos que levam aos padrões de qualidade estabelecidos.

Em um primeiro momento o uso de métodos comparativos trouxe grandes benefícios ao mercado de distribuição de energia devido ao aumento gradativo de eficiência, melhorando o benefício social da energia distribuída. Entretanto não se sabe a margem que se dispõe na fronteira de eficiência e a continuidade do uso de métodos puramente comparativos pode não trazer benefícios econômicos.

Acrescenta-se a essa problemática que em uma mesma área de concessão, na qual consumidores são tratados de forma isonômica, pode haver diferenças

significativas na qualidade de energia fornecida. Os clientes de uma mesma classe elétrica pagam a mesma tarifa, a despeito da diferença de qualidade recebida. Eventuais multas e ressarcimentos podem não ser suficientes para contrabalancear os impactos negativos de uma qualidade de energia inferior.

Ainda assim é possível mensurar o valor da qualidade de energia para o consumidor e os custos necessários para mudar o padrão de qualidade de energia através de investimentos na rede, intuito maior desse trabalho. Os temas apresentados na introdução serão devidamente esclarecidos e aprofundados ao longo dessa dissertação.

1.2. Objetivo

Este trabalho analisa critérios e metodologias para se estabelecer metas de qualidade de fornecimento de energia elétrica visando a otimização da rede considerando a qualidade de fornecimento desejada pelo consumidor. O ponto central da análise é a avaliação conjunta entre o valor da qualidade de energia para o consumidor e o custo de investimentos para a concessionária. O objetivo final é obter a melhor qualidade de energia do ponto de vista do custo ou benefício social.

Ênfase se dá aos indicadores de qualidade de continuidade DEC e FEC.

Para isso são apresentados métodos de valoração da qualidade da energia elétrica percebida pelos consumidores e de obtenção dos investimentos na rede de distribuição com foco na melhoria da qualidade de energia. São investigadas formas de comparar expectativa dos consumidores por qualidade e possibilidades da concessionária realizar os investimentos para garantir esse nível de qualidade à luz das questões regulatórias e de mercado.

Situações reais são utilizadas, tanto na pesquisa de valoração da qualidade quanto na avaliação de investimentos em redes de distribuição, de forma que as análises de resultados estabeleçam relações factuais e possíveis de serem reaplicadas a outros casos similares.

Fundamentalmente buscou-se explorar duas metodologias para esse fim. A metodologia SISPAI – Sistema de Planejamento Agregado de Investimentos e a metodologia TAROT – Tarifa Otimizada.

Estas duas metodologias permitem otimizar os investimentos e as metas de qualidade. Na metodologia SISPAI esta otimização leva em consideração o custo social da energia não distribuída ou a disposição a pagar dos consumidores para ter uma melhor qualidade.

Na metodologia TAROT a qualidade também é um custo de forma que a otimização da relação qualidade e investimentos permita maximizar o excedente econômico da sociedade como um todo.

As metodologias SISPAI e TAROT são descritas no capítulo 2 e suas aplicações estão respectivamente nos capítulos 4 e 5.

1.3. Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado da seguinte forma:

- No Capítulo 2 é apresentado o estado da arte do estabelecimento de metas de qualidade para a distribuição de energia elétrica, considerando as diversas formas de regulamentação da qualidade da energia.

- O Capítulo 3 apresenta os aspectos relacionados com avaliação econômica do valor da energia elétrica para o consumidor e desenvolve as metodologias de quantificação dos investimentos frente às demandas por qualidade por parte dos consumidores

- O Capítulo 4 descreve as propostas de metodologia para avaliar a relação qualidade *versus* investimento e a percepção do consumidor em relação ao valor da qualidade da energia. Neste capítulo são apresentadas as metodologias para regulamentação de metas de continuidade considerando o valor que o consumidor percebe para a qualidade da energia.

- O Capítulo 5 apresenta em detalhes o cálculo dos investimentos necessários para melhoria da qualidade utilizando o SISPAI [3][4], através de um estudo de caso uma rede de distribuição. São aplicadas neste capítulo 2 formas de se determinar as metas de qualidade de energia através do uso direto dos resultados do planejamento agregado de investimentos e dos valores da qualidade de energia segundo os consumidores.

- O Capítulo 6 avança no tema de regulamentação da qualidade de energia considerando a definição do nível tarifário ótimo, também analisando a qualidade de energia e o valor desta segundo os consumidores.

- Finalmente o Capítulo 7 apresenta a conclusão e os comentários finais referentes à pesquisa desenvolvida e aos possíveis desafios concernentes à qualidade de energia elétrica.

CAPÍTULO 2 - ESTADO DA ARTE

2.1. Histórico da Regulamentação da Qualidade de Energia no Brasil

No Brasil, antes da década de 1970, as distribuidoras de energia elétrica utilizavam dos dados históricos para projetar melhorias na qualidade de energia, medida em interrupções e quantidade de horas ou de energia não fornecida. Não havia instrumento legal para estabelecer os níveis adequados de qualidade de energia. Esse próprio termo não era de definição única no Brasil e por vezes a qualidade de fornecimento não era alvo de avaliação e acompanhamento para toda a área de atuação das distribuidoras.

No final da década de 1970, através da Portaria 46/1978 do DNAEE [1], a qualidade de energia elétrica ganha definição de âmbito nacional, com estabelecimento de metas a serem cumpridas em relação a frequência de interrupções, acima de 3 minutos, e na duração do restabelecimento de energia. Nesta portaria já constavam as definições de DEC e FEC, bem como a divisão em conjuntos de consumidores formados por áreas contíguas e a apuração dos valores por trimestre e ano civil. Os valores metas de DEC e FEC foram estipulados para todo o Brasil, de acordo com o padrão de rede, a tensão de atendimento e a classificação da área em urbana ou rural.

Também foram estabelecidas nessa portaria as metas individuais de frequência e duração das interrupções. A Portaria 46/1978 do DNAEE, juntamente com a Portaria 47/1978, que trata dos níveis de tensão, tornaram-se o marco legal da regulamentação da qualidade de energia elétrica no Brasil.

O setor elétrico brasileiro no período entre 1960 e 1990 era fundamentalmente estatal, apresentando alto crescimento da oferta de energia

elétrica, vinculado à vultuosos investimentos em geração de energia desde a década de 60 até o início da década de 80. Entretanto na década de 1980 o modelo do setor de energia elétrica começou a apresentar restrições de investimentos e de crescimento, seja pela crise internacional do petróleo, seja pelo endividamento externo ou pelas próprias condições políticas vigentes [5] [6].

Na década de noventa, acompanhando as mudanças sociais, políticas e econômicas que aconteciam no Brasil e a reorientação das políticas nacionais com as idéias mais liberais, o setor elétrico apresentou mudanças significativas: as principais mudanças foram devidas ao novo modelo, iniciado com a “Lei das Concessões” em 1995 [7] e que teve como paradigma a implantação de competição nos segmentos de geração e comercialização, livre acesso nos segmentos de transmissão e distribuição e regulamentação por incentivos nos segmentos tradicionalmente monopolistas como transmissão e distribuição [8]. O Modelo cresceu de acordo com as necessidades, e com as premissas adotadas, como pode ser visto através do RESEB¹ [9], do Novo Modelo Institucional do Setor Elétrico (“Novíssimo”) [10], e da Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004 [11] que estabeleceu o atual modelo mercantil e também que as atividades de distribuição, transmissão, geração e comercialização deveriam ser separadas.

Em relação à qualidade de energia elétrica, Órgãos Reguladores e Fiscalizadores [12] com independência financeira e pessoal especializado permitiram a aplicação de formas de regulação avançadas para a otimização do sistema, buscando o melhor atendimento da sociedade, observando a modicidade tarifária e a universalização do serviço, sem comprometer o equilíbrio econômico-financeiro das concessionárias.

¹ RESEB – Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro, em 1998. Disponível no *site* do MME <www.mme.gov.br>.

A Portaria 163/1993 do DNAEE visou ampliar o escopo dos indicadores de qualidade até então estabelecidos, bem como considerar a opinião dos consumidores na definição de metas de qualidade. Para tal essa portaria criou um grupo de estudos. Foi proposto que a apuração dos indicadores de qualidade passasse a considerar interrupções a partir de 1 minuto. Entretanto a implantação desses procedimentos e indicadores adicionais foi suspensa no processo de reestruturação do setor elétrico, incluindo a privatização.

Face aos regulamentos de qualidade estarem defasados na época das privatizações, os contratos de concessão foram necessários para definir os parâmetros de controle da atuação das concessionárias. Inicialmente os contratos previam apenas a observância da regulação vigente, o que foi posteriormente melhorado através da adoção de outros parâmetros de controle e incentivo. Em relação à qualidade de energia os contratos aprimoraram o estabelecimento de metas dos indicadores, estabelecendo a melhoria gradual e contínua destes. Destacam-se nesse processo os contratos de concessão realizados para o Estado de São Paulo que adicionaram indicadores dos processos comerciais e estabeleceram rotinas para aplicação de penalidades, entre outros aperfeiçoamentos.

Até 2010, o marco contemporâneo para a regulação da qualidade de energia elétrica era a Resolução ANEEL nº24/2000 [13], que consolidava os conhecimentos obtidos desde a Portaria 46/1978 do DNAEE, passando pelas experiências Estaduais, pelos contratos de concessão, pelos desenvolvimentos acadêmicos e dos órgãos reguladores. A definição de metas de qualidade continuava a ser feita por meio de indicadores de qualidade coletivos e individuais, sendo estabelecidas penalidades no caso de descumprimento dos indicadores, por multas e por

ressarcimento. A definição de metas coletivas passou a ser feita por comparações entre os diversos conjuntos de consumidores definidos pelas concessionárias. As metas individuais estavam atreladas às metas coletivas.

Outras resoluções também foram criadas para cuidar dos diversos aspectos da qualidade de energia, seja a qualidade do fornecimento, seja a qualidade do serviço, sejam as formas de ressarcimento ao consumidor por falhas de responsabilidade da concessionária. Em relação aos níveis de tensão, a Resolução Aneel No. 505/2001 estabeleceu as disposições para regime permanente, definindo limites de níveis de tensão permitidos para atendimento dos clientes, prazos para correção dos problemas e penalidades caso essas correções não ocorram. As concessionárias ainda deveriam ressarcir os danos causados em equipamentos elétricos, instalados em unidades consumidoras, decorrentes de perturbações ocorridas no sistema elétrico. Conforme Resolução Normativa ANEEL No.61/2004 eram considerados apenas os danos elétricos em equipamentos de consumidores com tensão de atendimento igual ou inferior à 2,3kV.

Atualmente os padrões e normas de qualidade estão sendo consolidados no PRODIST. A Resolução Normativa ANEEL No. 345/2008 aprovou os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST; em 2009 os procedimentos foram revisados, conforme Res. Aneel No. 395/2009 [2]. Tal documento tem como objetivo reunir no mesmo compêndio as normas de funcionamento da distribuição de energia, abrangendo assuntos como a conexão à rede elétrica de distribuição, o planejamento do sistema, à qualidade de energia, entre outros assuntos relacionados a distribuição de energia. Esses procedimentos se materializam, por exemplo, tornando necessário à concessionária realizar o planejamento do sistema em um horizonte de 10 anos para Alta Tensão e SEs de

Distribuição e, no horizonte de 5 anos, para o plano de obras do sistema de distribuição. Em 2010 os módulos 6 e 8 foram esclarecidos através da Nota Técnica nº 0005/2010-SRD/ANEEL. O Módulo 8 trata especificamente dos assuntos de qualidade da distribuição de energia elétrica.

O PRODIST não só compila os conhecimentos desenvolvidos ao longo dos anos no setor elétrico como também propõem mudanças visando a melhora das atividades de distribuição de energia elétrica. Uma mudança significativa na atual regulamentação trata da qualidade da energia: mais precisamente sobre as multas relacionadas aos indicadores coletivos, DEC e FEC, que deixam de existir – conforme a Res. 24/2000 determinava. As indenizações decorrentes do não atendimento dos indicadores de qualidade por parte das distribuidoras são baseadas nos indicadores de qualidade individuais, DIC, FIC e DMIC. Esta diferença é importante porque antes os valores das penalizações eram repassados ao Tesouro, porém agora as multas por ultrapassagem são repassadas ao consumidor e penalizações devido ao não atendimento do serviço são repassadas a um fundo setorial. Embora as penalizações sejam baseadas em índices individuais de qualidade de energia, as metas para esses índices ainda são estabelecidas em função dos índices coletivos de qualidade de energia, mantendo a importância dos índices coletivos para valoração dos montantes de penalidades aplicados à concessionária.

Outro detalhe da regulação da continuidade de energia é em relação à definição de conjuntos elétricos, os quais serão base para a determinação de índices de qualidade. A concepção inicial de conjuntos elétricos para definição de metas de qualidade previa que os clientes deviam ser identificados pela área geográfica. Atualmente passa a existir um processo de abertura para a consideração dos

clientes de um conjunto através da área elétrica ou mesmo de alimentadores de Subestações. Neste aspecto, o PRODIST definiu que os conjuntos de unidades consumidoras passam a ser definidos por subestações, ou seja, pela natureza elétrica e não mais somente pela natureza geográfica.

2.2. Regulação da Continuidade da Energia Elétrica por Indicadores Coletivos.

Há diversos métodos regulatórios para definição dos indicadores coletivos de continuidade de energia elétrica. Destacam-se para este estudo três principais: Uso do histórico dos indicadores de qualidade na concessionária; comparação de desempenho entre redes ou áreas semelhantes (*benchmark*); e otimização do sistema considerando o valor econômico do custo de imperfeições na qualidade da energia. Há também métodos híbridos entre esses que não serão foco deste trabalho.

O uso do histórico dos índices de qualidade para determinação da evolução dos indicadores de continuidade foi uma prática antiga em algumas concessionárias. Durante o processo de privatização este método foi adotado para definição de metas de continuidade acordadas no contrato de concessão.

Atualmente a Aneel utiliza a comparação entre áreas semelhantes para definição dos indicadores de continuidade coletivos. O uso de métodos comparativos (*benchmark*) tem a vantagem de indicar possibilidade de melhora da eficiência dos recursos utilizados na rede.

Os métodos que buscam a otimização do sistema visam atingir a melhor situação econômica para a sociedade ao estabelecer investimentos adequados na rede de distribuição com qualidade de fornecimento compatível. Há diversas formas

de otimização, que podem focar na rede com o menor custo, na melhor tarifa para o consumidor, na melhor relação de benefício social e custo para a sociedade. A ênfase da otimização é decorrente da metodologia adotada; dos dados disponíveis da rede, dos clientes, da sociedade; das normas vigentes; etc.

Devido à importância dos métodos de regulação da qualidade de energia por comparação e por otimização, ambos serão detalhados nesta revisão bibliográfica.

2.3. Regulação da Qualidade de Energia por Comparação

Em decorrência da assimetria de informações existente entre o órgão regulador e as empresas reguladas há a necessidade de se estabelecer métodos que permitam ao regulador assegurar que os serviços realizados pela concessionária regulada maximize o benefício social de tal atividade econômica. Uma das formas de aumentar a eficiência geral do sistema regulado é através de métodos comparativos.

As técnicas comparativas almejam alcançar o melhor desempenho do sistema através da comparação entre determinadas características dos agentes, utilizando como referência de objetivo as melhores práticas e desempenhos. Dentre os métodos comparativos dois são muito utilizados: *Benchmark* e *Yardstick Competition*. No método de *Benchmark* o desempenho do melhor agente se torna referência para os demais, no *Yardstick Competition* utiliza-se de um valor baseado nos melhores desempenhos como referência para os elementos do grupo [14].

Uma outra possibilidade de utilização dos métodos comparativos é através do uso de empresa de referência, cuja técnica consiste em se utilizar uma empresa teórica otimizada como padrão para o desempenho desejado às empresas reais. Para construção da empresa de referência é necessária a participação de especialistas no assunto e do conhecimento detalhado a respeito do mercado no

qual atua a empresa. Por outro lado não é necessário conhecer muitos dados do funcionamento da empresa regulada. Esta forma de comparação é um caso particular do *Yardstick Competition*, com o elemento de referência fora do grupo de comparação.

Pode-se utilizar mais de um método comparativo para otimizar as atividades regulamentadas. Por exemplo, na atual regulamentação econômica da distribuição de energia elétrica utiliza-se o conceito de empresa de referência para determinar os valores econômicos relacionados com a operação e manutenção das redes elétricas. Há uma empresa de referência para cada distribuidora. Este método comparativo é baseado no *Yardstick Competition*. Já para a determinação dos índices de continuidade a serem seguidos pelas distribuidoras há utilização de um processo de *benchmark e Yardstick Competition*.

Durante o processo de privatização e regulamentação das distribuidoras de energia elétrica havia grande assimetria entre a qualidade de energia fornecida em diferentes mercados, assim na regulamentação brasileira consolidada na Res. Aneel 024/2000, os padrões de qualidade coletiva para a continuidade eram definidos considerando métodos de agrupamento, conforme já previa a Portaria 46/1978 do DNAEE. A descrição e conceituação desta técnica são apresentadas por Tanure [15]. Os elementos a serem comparados eram os Conjuntos de Unidades Consumidoras, definidos como “qualquer agrupamento de unidades consumidoras, global ou parcial, de uma mesma área de concessão de distribuição, definido pela concessionária ou permissionária e aprovado pela ANEEL”. Os conjuntos eram agrupados com base em cinco atributos de similaridade: área, extensão da rede primária, potência instalada, número de unidades consumidoras e consumo médio mensal. Comparam-se conjuntos similares obtidos através de análises dos

agrupamentos. O objetivo da comparação é definir quais são as metas de qualidade de energia elétrica para o quesito continuidade dentre os grupos semelhantes, incluindo-se a evolução destes indicadores ao longo dos anos. Os indicadores que têm suas metas definidas através destas comparações são DEC e FEC. Este método comparativo visa aumentar a eficiência do sistema sem onerar os consumidores além do que estes já o são. Esta forma de comparação propiciou uma melhora dos indicadores médios de continuidade, devido a vários fatores, entre eles o aumento de eficiência.

Há, no entanto, outras formas de comparação visando o aumento da eficiência no sistema. Tanure [14] propôs um método comparativo através de análise de aglomerados e de busca da fronteira de eficiência considerando como unidades comparativas os conjuntos de unidades consumidoras. Para isso definiu como características dos conjuntos de consumidores (a)Área de atendimento, (b)Número de unidades consumidoras e (c)Consumo, sendo os outros atributos insumos variáveis, com acréscimo justificado apenas pela melhoria do desempenho do conjunto. Após isso, estabeleceu uma análise comparativa, através de *clusters* dinâmicos, visando a busca da fronteira de eficiência (DEA) para cada conjunto. Este método tem como foco que os indicadores estabelecidos sejam realmente aqueles que caracterizem os melhores padrões possíveis de continuidade considerando os ativos atuais da rede, ou seja, sem precisar haver acréscimo de investimentos para melhorar especificamente a qualidade de energia.

Por outro lado, Coli [16] estudou como estabelecer índices de continuidade através da comparação de redes elétrica e não através de conjunto de consumidores. A grande inovação estudada por Coli é o uso de alimentadores como unidade de qualidade coletiva de energia elétrica, propondo o controle dos índices

coletivos de continuidade através de técnicas de análise estatística multivariada – análise fatorial, de aglomerado e discriminante. Isto é possível definindo-se quais são os atributos essenciais que representam um alimentador e seus índices de qualidade. Após definidos quais são os atributos essenciais, realiza-se uma análise fatorial, que reduz o número de variáveis significativas para definição de conjuntos através de funções. Expressas por fatores, as redes elementares são agrupadas em aglomerados formando as famílias de redes. Finalmente, cada grupo de aglomerado é expresso por uma função discriminante tornando possível que qualquer alimentador possa ser identificado em uma família a partir de uma função que combina linearmente seus atributos. Dessa forma, uma vez definidas as funções discriminantes, é possível agrupar os alimentadores nos grupos similaridade dos atributos de maneira muito simples, sem necessitar refazer análises de aglomerados.

2.4. Regulamentação da Continuidade de Energia por Investimentos na Rede e Otimização do Sistema.

2.4.1. Planejamento Agregado do Sistema de Distribuição

O método agregado de planejamento da expansão do sistema, no qual a ferramenta computacional SISPAI se insere, visa estipular os valores necessários para realizar obras estruturadas que conduzam a uma expansão otimizada do sistema, respeitando os índices de qualidade e os critérios técnicos necessários ao cumprimento da legislação e do contrato de concessão. Pode analisar também se o aumento de certos custos operacionais é vantajoso frente a algumas obras estruturais. Dessa forma, o planejamento de longo prazo pode assumir caráter indicativo, onde o principal objetivo é a determinação dos montantes de

investimentos e das quantidades de obras globais propostas, sem preocupação com a localização física das mesmas.

Esta metodologia busca dar respostas a questões fundamentais como:

- Determinação do volume mínimo de investimentos que assegure metas desejadas de qualidade de fornecimento;
- Avaliação do impacto na qualidade de fornecimento decorrente de ambientes de restrições financeiras.

O planejamento agregado de investimentos pressupõe a análise do sistema de distribuição baseado em atributos, obtidos de valores da rede física, criando assim um modelo matemático estatístico que representa a rede de distribuição da concessionária. Através desses modelos possibilita a criação de um plano de investimentos otimizado em função dos custos dos investimentos, perdas e tensão.

Os investimentos considerados são referentes a investimentos na rede primária (média tensão), nas subestações de distribuição e nos ramais de subtransmissão que conectam as subestações novas a rede de subtransmissão.

Em termos de evolução de redes, considera-se que as subestações podem ter sua capacidade transformadora aumentada por adição do número de unidades transformadoras, podendo também adicionar alimentadores, ou por troca para unidades maiores. Os alimentadores existentes podem ser desdobrados (novos alimentadores) ou reconduzidos, sendo possível que recebam reguladores de tensão. Há, finalmente, a possibilidade de serem implantadas subestações novas, que dividirão com as subestações existentes a carga original.

As várias alternativas de “Investimentos x Qualidade” podem também ser analisadas sob a ótica de risco, que busca atender uma política de obediência a um

nível mínimo de qualidade pré-estabelecido, concomitantemente a um seu aumento gradativo, rumo a um alvo de qualidade.

A priorização das obras é realizada ano a ano através de uma lista ordenada, encabeçada pelas obras obrigatórias com melhor relação custo benefício/custo, que devem ser realizadas para o atendimento de critérios legais ou de padrões fixados pela empresa distribuidora, de tensão e de continuidade, além do de carregamento. Estas obras são realizadas de acordo com o orçamento anual de investimentos. Havendo disponibilidade de recursos adicionais, seguem as obras de otimização, convenientes por melhorar a economicidade do sistema, através da diminuição das perdas, da END e da melhoria dos níveis de tensão, já dentro da faixa legal.

As obras são ordenadas por critérios de Benefício/Custo que representam o quanto foi economizado em perdas, em END e em melhoria de tensão, face ao gasto em obras dedicadas a esses fins.

O *software* SISPAI apresenta nos relatórios dos seus resultados a quantidade e o valor das obras previstas visando atender as exigências técnicas impostas com a melhor relação benefício/custo. São apresentados valores estimados de índices de continuidade, de investimentos anuais e de perdas no sistema.

A fixação das metas de qualidade através da otimização do sistema por benefícios, conforme o modelo de planejamento agregado de investimentos, necessita de avaliação “precisa” do valor da energia elétrica para os consumidores decorrente do custo da energia não distribuída (END), que será mais bem estudado no capítulo 3.

2.4.2. Tarifa Otimizada do Sistema - Tarot

A principal diretriz das ações regulatórias no mercado elétrico é a maximização do valor social gerado. O enfoque microeconômico estuda o mercado através da função de preferência do consumidor (utilidade) e do produtor (custo) através das variáveis “Energia Elétrica Fornecida” e “Investimentos”. A ANEEL adota um modelo para as revisões tarifárias chamado “Gestão Baseada no Valor”. Este modelo baseia-se no valor econômico adicionado e visa aumentar o bem-estar público regulando o mercado monopolista de distribuição de energia.

O modelo microeconômico entre empresa e consumidor pode ser resumido na relação entre oferta e demanda, na qual o consumidor procura maximizar o benefício social auferido pelo consumo de energia elétrica. A Figura 1 apresenta este modelo. É interessante reparar que o benefício obtido pelo consumo de energia elétrica (Surplus) é muito maior que o valor pago pela energia (Receita).

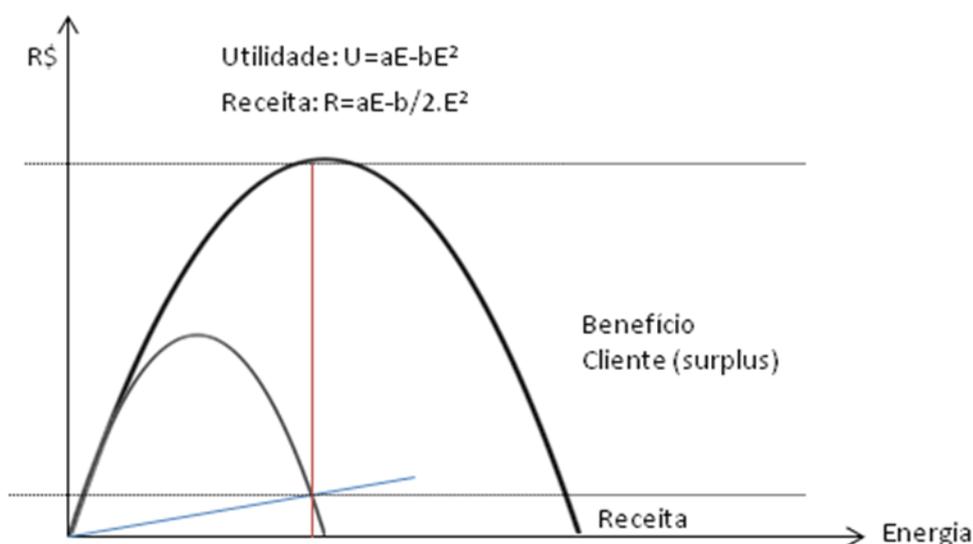


Figura 1: Modelo Microeconômico consumidor e concessionária para energia elétrica

Arango et al [17] apresentaram um modelo de otimização tarifária baseado nos conceitos e na forma adotada pela ANEEL para as revisões tarifárias. O Diagrama da Figura 2 representa as relações entre os agentes do mercado. Neste

modelo são considerados os custos da concessionária, a preferência do consumidor, os aspectos relativos à tributação e à remuneração do capital.

O modelo expresso no diagrama segue os moldes definidos pela ANEEL na revisão tarifária, onde a única remuneração no momento da revisão tarifária é a do capital investido à taxa WACC (*Weighted average cost of capital*). Assim é possível obter todos os valores das constantes com base nos valores disponibilizados na revisão tarifária. Tal modelo adota uma tarifa que, baseada nas previsões de mercado, faz o EVA (*Economic value added*) ser igual a zero, indicando que haverá somente excedente do produtor se houver melhoria de eficiência na realização do serviço prestado pela concessionária.

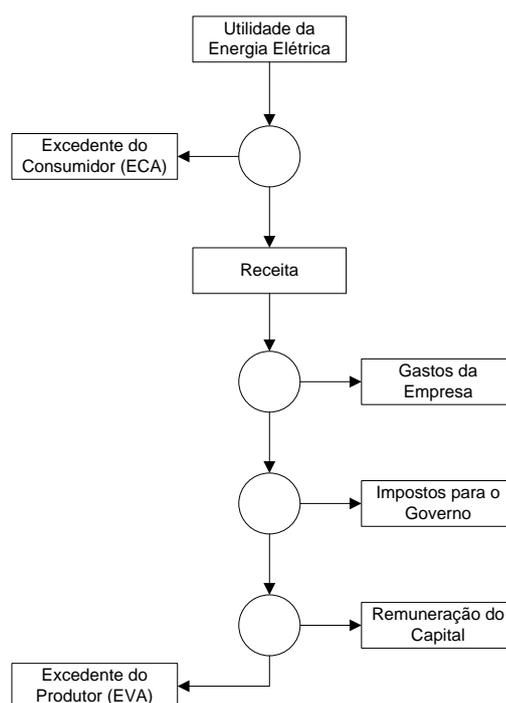


Figura 2: Diagrama dos aspectos considerados pelo modelo

Para o modelo do sistema, podem ser considerados dois agentes principais:

- Consumidores
- Empresa

Os consumidores são representados através de um modelo de utilidade que considera a avidez (a) e saciedade (b) proporcionadas pela compra de energia elétrica. O consumidor paga uma tarifa à concessionária pela energia elétrica consumida.

A atividade da empresa é representada pelos seus gastos em distribuir energia elétrica e possibilitar que os consumidores possam ter suas necessidades supridas pela energia elétrica. A remuneração da empresa é dada através receita. Os gastos das empresas podem ser divididos em três aspectos:

- Operações que guardam certa proporcionalidade com as vendas de energia. Neste aspecto são considerados os custos relativos à:
 - Compra de Energia;
 - Uso da Rede Básica;
 - Encargos e impostos, exceto o IRPJ;
 - Empresa de Referência (custos O&M).
 - Perdas de Energia Elétrica.
 - Depreciação e pagamento de investimentos.

É representado ainda no modelo o IRPJ (as taxas e impostos dos governos Federais, Estaduais e Municipais), calculando-se a remuneração do capital de forma líquida, após o pagamento do IRPJ. O capital investido é considerado como o capital convertido em ativos da rede (base de remuneração líquida B).

Neste modelo, para os consumidores a energia elétrica tem um valor, que é superior ao valor pago à tarifa praticada. A diferença entre este valor de utilidade da energia elétrica e o valor pago pelos consumidores é chamada de excedente do consumidor (ECA). Por outro lado, a empresa após pagar suas despesas e

remunerar o capital investido pode ter um excedente decorrente de sua atividade, chamado de excedente do produtor (EVA).

Dessa forma o modelo, no momento após a revisão tarifária, é expresso conforme a Figura 3.

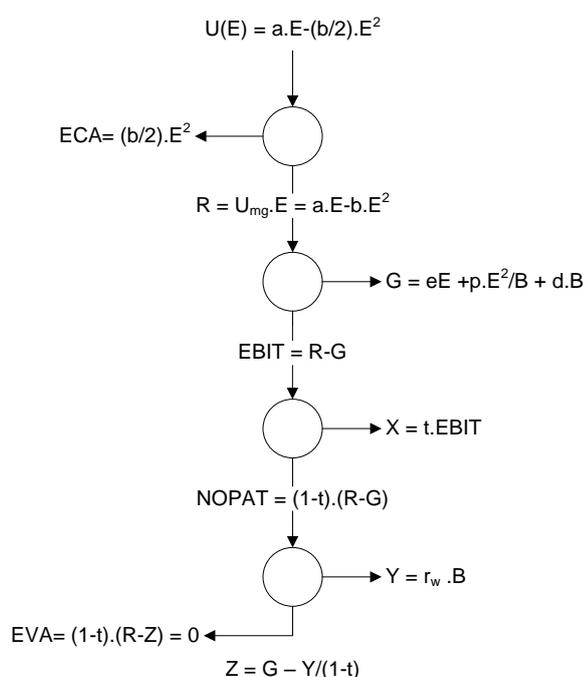


Figura 3: Diagrama do Modelo TAROT com as equações

Onde:

$U(E)$ - Utilidade da Energia Elétrica.

E – Energia Elétrica fornecida

a – Avidez pela Utilidade

b – Saciedade

R – Receita auferida pela venda de energia elétrica

ECA – Excedente do Consumidor

EVA – Excedente da Concessionária

B – Base de Remuneração Líquida

G – Gastos da Concessionária

e – constante de gastos proporcionais ao consumo de energia elétrica

p – constante relativa às perdas elétricas

d – depreciação do capital

X – Taxas e Impostos (IRPJ)

Y – Remuneração do capital

r_w – Taxa de remuneração do capital (WACC)

O modelo proposto pela ANEEL garante que todo excedente é canalizado para os usuários, impondo $EVA=0$ no momento da revisão tarifária, levando em conta o modelo de empresa de referência e remunerando os investimentos prudentes para se definir o nível tarifário. Já o TAROT, modelo proposto por Arango et al (2007) [18], permite a otimização da tarifa que maximizando o benefício social relacionado com a distribuição de energia elétrica com base nos investimentos. Isto é feito minimizando os custos da concessionária (empresa modelo) e impondo o valor do excedente do produtor igual a zero ($EVA=0$).

O resultado microeconômico da otimização pode ser representado através da Figura 4 utilizando o modelo demanda *versus* oferta. A demanda é representada pelo produto da Utilidade Marginal pela Energia Consumida, enquanto que a oferta é representada pelo produto da Tarifa pela Energia Fornecida. A tarifa é a relação entre Receita e Energia fornecida pela concessionária. A receita atual é representada na linha em verde, enquanto que o ponto ótimo do sistema é representado na intercessão entre as curvas de utilidade marginal e receita otimizada. Neste caso o ponto ótimo é justamente o valor que seria obtido caso o mercado fosse competitivo, com a empresa no seu ponto de melhor otimização da capacidade produtiva. A linha tracejada indica a utilidade máxima.

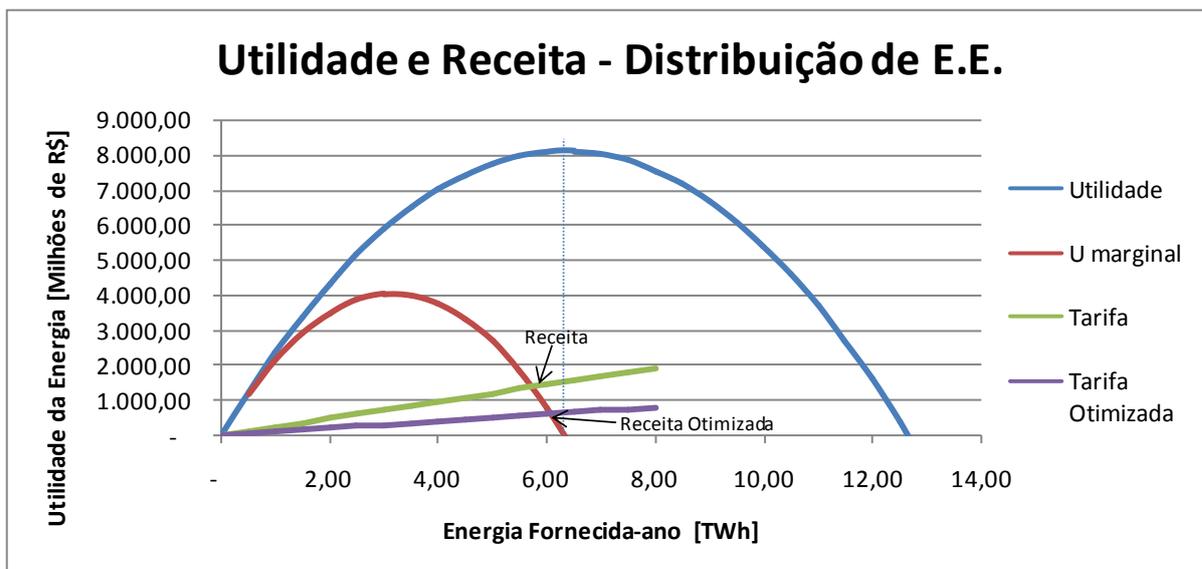


Figura 4: Representação da Otimização do Sistema do ponto de vista microeconômico

É possível incluir no modelo TAROT o custo da qualidade de energia e otimizar o sistema de forma a maximizar o benefício social total. Representa-se a relação entre melhoria da qualidade e investimentos em qualidade através de uma equação. O modelo do TAROT considerando a qualidade da energia é apresentado no Diagrama da Figura 5. Nesse modelo a qualidade de energia é um custo que afeta o mercado, seja este custo pago pelos consumidores, seja ele pago pela concessionária. O sistema ótimo deve considerar os investimentos em obras para otimizar as perdas e a qualidade de fornecimento, que são dissociados neste modelo.

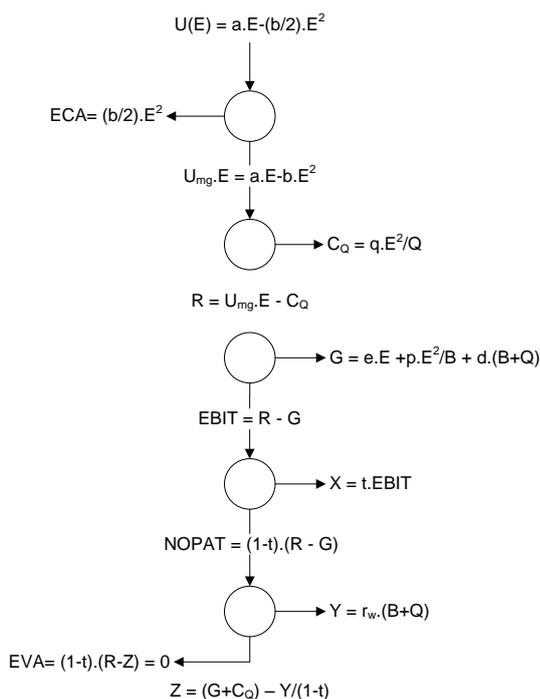


Figura 5: Modelo TAROT considerando a qualidade de energia

Onde:

C_Q - Custo da Qualidade da Energia.

q - Constante do custo da qualidade do serviço

E - Energia fornecida

Q - Investimentos em qualidade de energia

O modelo do TAROT é flexível, podendo ser aprimorado para representar particularidades do sistema, propondo outras equações que representem especificamente a qualidade de energia, as perdas elétricas em todos seus aspectos, etc, de forma a melhor representar o comportamento da rede elétrica e do mercado. Entretanto, quanto mais complicado o modelo, maior será a dificuldade de entendimento e de otimização. Por exemplo, pode associar os investimentos nas redes para melhoria das perdas elétricas e da qualidade de energia, através de equações mais complexas, ou criar diferenciações para cada tipo de investimento e ativos na rede. Porém aumentando-se a complexidade dos modelos, corre-se o risco de perder o caráter simples (didático e elucidativo) do modelo TAROT. Para serem considerados os aspectos que correlacionam investimentos para redução de perdas,

atendimento aos padrões técnicos, investimentos em qualidade e em expansão da rede deve ser utilizado um modelo que faça a otimização considerando todos os aspectos simultaneamente, tal como o SISPAI.

2.5. Regulamentação dos Serviços Diferenciados

Existem duas maneiras fundamentais de serem oferecidos serviços diferenciados: através de serviços distribuídos para todos os clientes e através de contratos bilaterais, obrigatórios para clientes do grupo A². Tais serviços devem ser adicionais àqueles já regulados.

A Resolução ANEEL Nº 456, de 29 de Novembro de 2000 [19] que estabeleceu as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica, trata sobre serviços diferenciados que podem ser prestados pela concessionária, no Art. 109. Sobre a possibilidade de serviços diferenciados o artigo nos parágrafos 5 e 7:

“§ 5º A cobrança de qualquer serviço obrigará a concessionária a implantá-lo em toda a sua área de concessão, para todos os consumidores, ressalvado o serviço de religação de urgência.

§ 7º A concessionária poderá executar outros serviços não vinculados à prestação do serviço público de energia elétrica, desde que observe as restrições constantes do contrato de concessão e que o consumidor, por sua livre escolha, opte por contratar a concessionária para a realização dos mesmos.”

Já sobre os contratos bilaterais entre a concessionária e os clientes do Grupo A, o Artigo 23 da mesma resolução nº 456, esclarece:

“O contrato de fornecimento, a ser celebrado com consumidor responsável por unidade consumidora do Grupo “A”, deverá conter, além das cláusulas essenciais aos contratos administrativos, outras que digam respeito a:

...

X - metas de continuidade, com vistas a proporcionar a melhoria da qualidade dos serviços, no caso de contratos específicos.

² Clientes conectados em Alta e Média tensão, que precisam de contratos de conexão e uso de energia

§ 1º Quando, para o fornecimento, a concessionária tiver que fazer investimento específico, o contrato deverá dispor sobre as condições, formas e prazos que assegurem o ressarcimento do ônus relativo aos referidos investimentos.

Em relação à remuneração dos investimentos, uma particularidade para a concessionária é a que trata da base de remuneração e das obrigações especiais. Em relação às obrigações especiais, a concessionária recebe pela manutenção e operação destes ativos, porém não há acréscimo na base de remuneração em relação aos ativos das obrigações especiais, financiados pelos consumidores, sendo assim a concessionária não tem os valores dos investimentos acrescidos na base de remuneração e, portanto não terá retorno sobre este capital [20].

2.6. Regulamentação da Qualidade da Energia em Outros Países

A qualidade da energia elétrica é um tema em desenvolvimento em muitos países [21]. A determinação dos indicadores de qualidade associados a custos econômicos, seja para a sociedade ou para a concessionária, tem sido feita de diversas maneiras no cenário internacional, buscando sempre adequar a regulamentação dos sistemas elétricos de acordo com as informações disponíveis e buscando uma melhor eficiência.

Entretanto quando se compara a regulação de qualidade de energia no Brasil e no mundo deve-se atentar para algumas diferenças e semelhanças:

- A tipologia de rede brasileira é eminentemente aérea com cabos expostos. Há um esforço por parte das concessionárias para a troca do padrão atual por redes compactas.

- O sistema de elétrico brasileiro apresenta grandes geradores de energia afastados do centro de carga, com grandes distâncias percorridas por linhas de transmissão.
- Geralmente o serviço de distribuição de energia é provido por concessionárias, com enfoque em maximizar a eficiência econômica do negócio de acordo com as regras impostas pelo regulador, obtendo lucro sempre que possível.

Assim a comparação da regulação para a qualidade de energia deve ser feita sobretudo sobre os aspectos gerais, pois torna-se inverossímil comparar aspectos técnicos, como por exemplo, frequência de interrupções entre países supridos por geradores próximos dos centros de cargas e com distribuição por redes subterrâneas com a realidade brasileira. A comparação será feita principalmente sobre o aspecto de como os custos da interrupção são utilizados em alguns países.

Na Europa, a adequação dos serviços públicos aos padrões contemporâneos, adotando regulação baseada em desempenho e “price-cap”, que incentiva a redução de custos, ocasionando eventual perda na qualidade dos serviços [8]. Os incentivos em relação à qualidade de energia elétrica foram determinados em um primeiro momento, em países como Itália, Noruega, Irlanda, Reino Unido, Hungria, a partir do ano 2000. Os incentivos consideram um índice coletivo para medir a qualidade do serviço, usualmente relativo à duração equivalente das interrupções.

A grande dificuldade nessa forma de regulação é definir adequadamente o valor do custo da interrupção, seja ele medido por número de interrupções, por duração média ou máxima dessas interrupções. A definição correta do incentivo à qualidade de energia evita sobreinvestimentos ou subinvestimentos.

Na Itália, o uso de incentivos para a melhoria da qualidade e adequação ao esperado pelos consumidores passou por duas etapas. A primeira iniciada em 2000 estabelecia o valor das tarifas baseado em um incentivo para a qualidade do nível de continuidade, com a variação do DEC em relação à um DEC meta. Este incentivo era simétrico: caso a concessionária melhorasse além do estipulado ela recebia o bônus decorrente dessa melhora, enquanto que caso ela não atendesse as metas, seria penalizada.

Na Grã-Bretanha foram realizados trabalhos para verificar se a qualidade da energia elétrica do sistema estava de acordo com o esperado pelo consumidor [22][23]. Novos trabalhos apresentam tanto a opinião dos consumidores para o novo ciclo tarifário [24] e também alternativas para uso destas opiniões para melhor ajustar a qualidade de energia [25]. A consideração de como será feita a valoração da qualidade de energia, tanto em termos dos índices adequados, quanto dos valores econômicos necessários para tal, são itens de pesquisa.

A forma de definição dos indicadores e dos índices adequados para estipular a melhor qualidade de energia elétrica distribuída para a sociedade apresenta variações entre os diversos países ou mesmo entre diversas regiões ou concessionárias de distribuição. Entretanto é cada vez mais freqüente a consideração dos custos sociais decorrentes de problemas da qualidade de energia, assunto que será abordado em seguida.

CAPÍTULO 3 – O VALOR DA QUALIDADE DE ENERGIA

3.1. Introdução e Conceituação

É fácil perceber o valor da energia elétrica [26][27]. Como fator social ela ajuda a promover o desenvolvimento e a melhorar a qualidade de vida das pessoas. Possibilita também o convívio e a vida em sociedade. É também vetor de desenvolvimento econômico devido a sua condição de energia nobre, estável, de distribuição eficiente e constante, com custos acessíveis. Uma vez estabelecido seu uso em sociedade torna-se impensável e insuportável não a ter disponível.

No mercado a energia elétrica é valorada pelo MWh vendido ou consumido, sendo seu custo de consumo muito menor do que o benefício que ela proporciona. O valor de cada MWh não consumido devido à restrições de fornecimento não é igual ao valor do MWh consumido. Variações na qualidade de energia fornecida podem acarretar prejuízos a toda a sociedade. Como fonte energética confiável e constante, pequenas alterações no seu fornecimento podem acarretar graves prejuízos para seus consumidores.

Ao utilizar continuamente a energia elétrica dentro dos padrões os consumidores ficam perfeitamente atendidos. Alterações nesse padrão de atendimento podem levar a falhas de uso. Segundo a atual regulamentação, tecnicamente a distribuição de energia elétrica deve atender a dois conceitos de qualidade básicos: qualidade do serviço e qualidade do produto, conforme regulado no módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição[2].

A Qualidade do Serviço relaciona-se com a continuidade de fornecimento, ou seja, garantir a tensão adequada sem interrupções, e na ocorrência destas, atuar de

forma a minimizar o tempo de interrupção ou, em outras palavras, a energia não fornecida. As interrupções podem ocorrer por falhas no sistema (geração, transmissão, distribuição) ou por atividades de manutenção programada. Há diversos indicadores de qualidade relacionados com a continuidade do serviço: DEC, FEC, DIC, FIC, DMIC. O órgão regulador do sistema define os padrões de qualidade do serviço que devem ser atendidos pelas concessionárias. Neste caso se prioriza o controle das interrupções de longa duração.

A Qualidade do Produto está relacionada com a forma de onda de tensão. Para um sistema trifásico, contempla os seguintes fenômenos [28] [29] [30]: variação de frequência, variação de tensão de longa duração, variação de tensão de curta duração, tensão em regime permanente, fator de potência, distorções harmônicas de tensão e de corrente, desequilíbrio de tensão e flutuação de tensão. Estes distúrbios na forma de onda ou interrupções no fornecimento podem causar impactos e prejuízos, que dependem de características do consumo [31].

Em uma interrupção de fornecimento os consumidores podem sofrer impactos diretos na produção econômica, mensurados através da perda de produção, matéria prima, horas trabalhadas, de estoque, etc.[32][33] como também podem sofrer impactos indiretos, caracterizados pela perda de lazer, segurança, custo de oportunidade, etc.[34]

Entretanto os custos relacionados com a qualidade de energia ainda são, em grande parte, externos ao mercado de energia, em parte porque os custos de interrupção e faltas na rede são absorvidos pelos consumidores e, em parte, porque as distribuidoras de energia não são inteiramente responsabilizadas pelos custos da qualidade.

Esta dissertação trata dos eventos que são percebidos por todos os clientes, que são as interrupções de longa duração, e que apresentam alto potencial de redução com base nos investimentos em infraestrutura de rede, considerando o atual paradigma de redes aéreas para a distribuição de energia.

O intuito desse capítulo é esclarecer como se pode mensurar o impacto econômico relacionado a problemas de qualidade no fornecimento da energia elétrica. Foco se dá em três questões principais: como os custos são percebidos pelos agentes, como estes custos podem ser valorados e finalmente como eles podem ser apresentados. A Figura 6 resume esta situação.

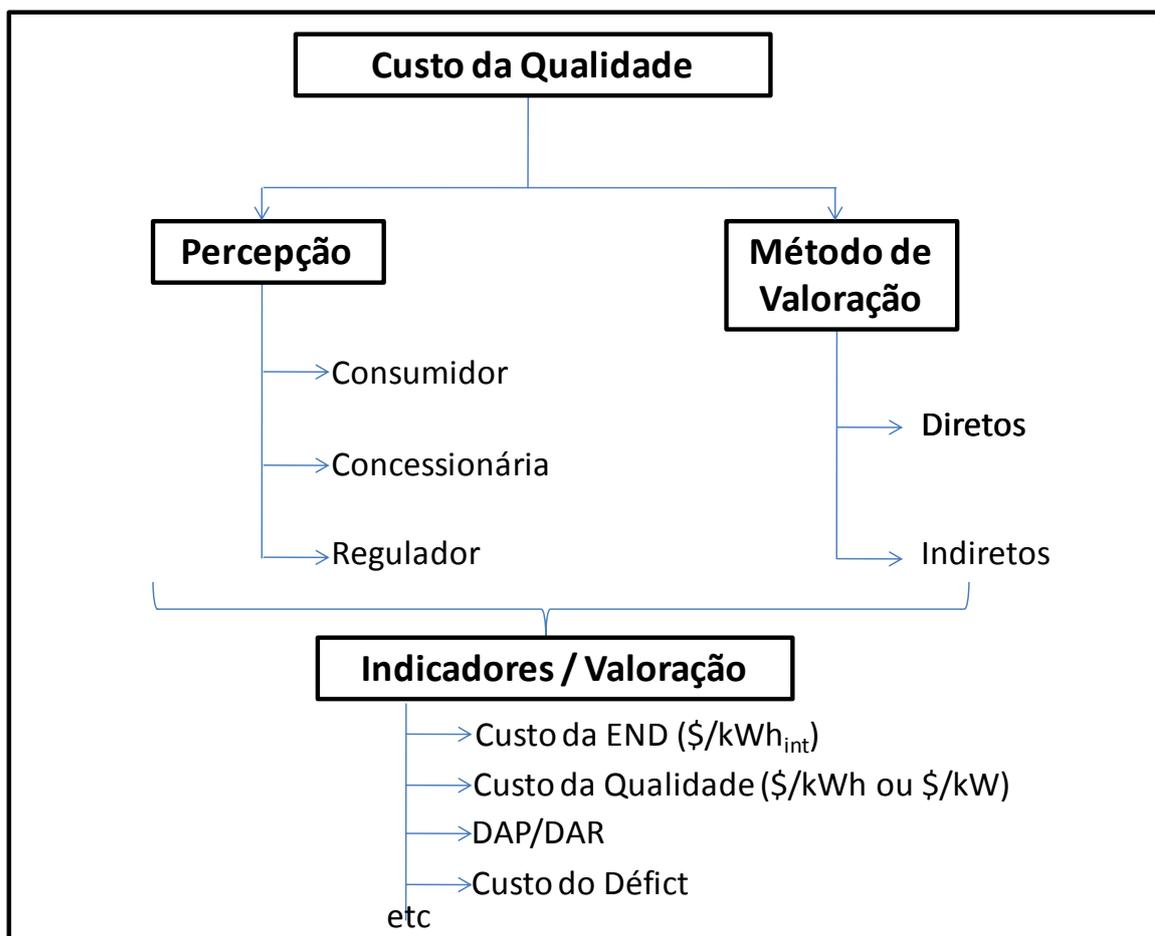


Figura 6: Principais Aspectos na Avaliação do Custo da Qualidade

Neste capítulo também é apresentado o resumo e resultado da pesquisa de custo da qualidade para os consumidores realizada em São Paulo e financiada com

verba de Pesquisa e Desenvolvimento da AES Eletropaulo e realizada com tutoria da FIPE e que foi de fundamental valia para os trabalhos dessa dissertação.

3.2. A Percepção do Custo da Qualidade

Há diversas percepções sobre os custos da qualidade. Cada agente do setor elétrico percebe tais custos sob uma ótica diferente, decorrentes de sua atuação no mercado, dos custos percebidos e dos investimentos envolvidos. Três pontos de vista são relevantes: o da distribuidora, o do consumidor e o do órgão regulador. De maneira geral a distribuidora percebe apenas suas receitas e custos, que estão relacionados com a venda de energia e com os investimentos na rede, acrescidos dos custos de operação e manutenção desta. Os consumidores têm suas atividades afetadas pela energia elétrica, tanto pelo preço de compra quanto pelos prejuízos na sua falta. O agente regulador procura equilibrar o mercado de acordo com regras proporcionando resultados benéficos para a sociedade. Estes pontos de vista são sinteticamente apresentados a seguir, com ênfase nos custos da qualidade. Primeiramente será apresentada a perspectiva da distribuidora, seguida pela do regulador e finalmente pela do consumidor.

A primeira diferenciação necessária para se caracterizar o custo da qualidade é separá-la entre impacto para a concessionária e impacto para o cliente. A curto prazo, para as concessionárias de distribuição, os problemas de qualidade as oneram quando estas devem indenizar os consumidores por prejuízos ocasionados pelas faltas no sistema, seja devido à multas, seja devido à ressarcimentos por danos. Também pode haver uma perda decorrente da queda de consumo, pois, embora as distribuidoras não ganhem pela venda de energia, a receita esperada é baseada no consumo previsto e uma queda deste pode refletir negativamente na

receita anual. A longo prazo a distribuidora de energia elétrica pode perder mercado para outras fontes energéticas ou outras formas de suprimento de eletricidade. Para os consumidores, os impactos no curto prazo são percebidos quando suas atividades são prejudicadas pela deterioração da qualidade da energia elétrica. No longo prazo há uma redução do benefício social com a substituição do insumo energético ou uma restrição do desenvolvimento caso a eletricidade seja insubstituível. Em todos os casos os consumidores são onerados.

Exemplificando, em uma interrupção de um minuto, pode haver parada total no processo produtivo de uma indústria e a retomada da produção pode demorar horas; já para um consumidor comercial, ele pode atrasar uma fatura, ou perder clientes, enquanto que um consumidor residencial pode nem sentir este evento (talvez seu relógio digital perca o horário) ou talvez tenha perda total de seu trabalho de faculdade no computador. Do ponto de vista legal, só se caracteriza, atualmente, interrupções com mais de três minutos de duração, a partir do contato do consumidor.

3.2.1. Custo da interrupção pela ótica da Distribuidora

As empresas distribuidoras de energia elétrica são responsáveis pela interface entre consumidores e a produção e transmissão de energia. São consideradas monopólios naturais e no atual modelo regulatório brasileiro têm a receita definida pelo regime de “price cap”, ou seja, há um teto tarifário e os reajustes são definidos em índices de preços. Dessa forma a distribuidora recebe a tarifa por energia distribuída.

O consumidor final, ao pagar o consumo de energia elétrica, está pagando todos os custos do sistema elétrico, remunerando os investidores e contribuindo com

encargos e impostos. Somente uma parte do valor pago pela energia é destinada a distribuidora. A Figura 7 ilustra a parcela relativa da concessionária para cada MWh consumido. O serviço de distribuição é responsável normalmente por $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{5}$ do valor pago pelo consumidor, entretanto estes números podem variar regionalmente. Este valor é dado pela Parcela B, Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD), referente à parte da Distribuidora. Os custos que estão relacionados com as atividades de compra de energia, transmissão de energia, encargos, são repassados aos consumidores, identificados como Parcela A, e não devem afetar o desempenho econômico da distribuidora.

Proporção de ganhos por MWh vendido - faturamento

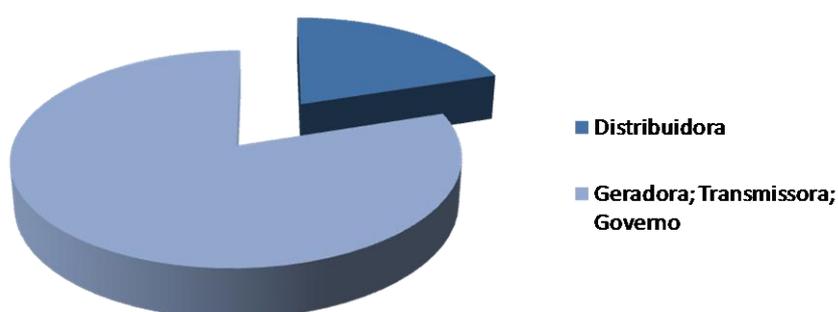


Figura 7: Divisão do valor do MWh pago pelo consumidor entre Parcela A e Parcela B.

Quando há uma interrupção do fornecimento a distribuidora deixa de vender energia elétrica para os consumidores afetados pela interrupção e não fatura. O conceito de Energia Não Distribuída (END) deve ser entendido como a energia média que se consumiria caso não houvesse uma interrupção sustentada. Esta interrupção não pode ser demasiadamente longa. Considera-se um período de consumo no qual não haja acréscimos de carga. Estas suposições são bem aplicadas quando se considera o conjunto da sociedade e é usual em modelos de planejamento do sistema, conforme apresentado no capítulo 2.

Por parte da concessionária os impactos econômicos de problemas na qualidade de energia são principalmente decorrentes de:

1. Lucros cessantes devido à energia não distribuída;
2. Operação e Manutenção das redes devido às faltas;
3. Multas devido à ultrapassagem das metas de DIC e FIC;
4. Eventuais ressarcimentos de equipamentos queimados;
5. Multas de não adequação de níveis de tensão.

Apenas os dois primeiros itens são percebidos pela concessionária sem a intervenção do Órgão Regulador e por isso merecem atenção na caracterização do ponto de vista da concessionária.

Os custos de interrupção relativos à energia não distribuída são proporcionais à Parcela B da energia que deixou de ser fornecida, conforme o gráfico da Figura 8. Neste gráfico o custo unitário da energia interrompida é dado em R\$/MWh, variando de acordo com o tempo de interrupção³. Assim, para uma interrupção de 5 horas de uma carga de 1MW e considerando a TUSD de 100,00 R\$/MWh a concessionária deixaria de receber R\$ 500,00.

³ Nos exemplos de percepção da qualidade para os agentes será utilizado o valor de TUSDB de R\$ 100,00/MWh e o preço da energia para o consumidor de R\$400,00/MWh, já considerado os impostos.

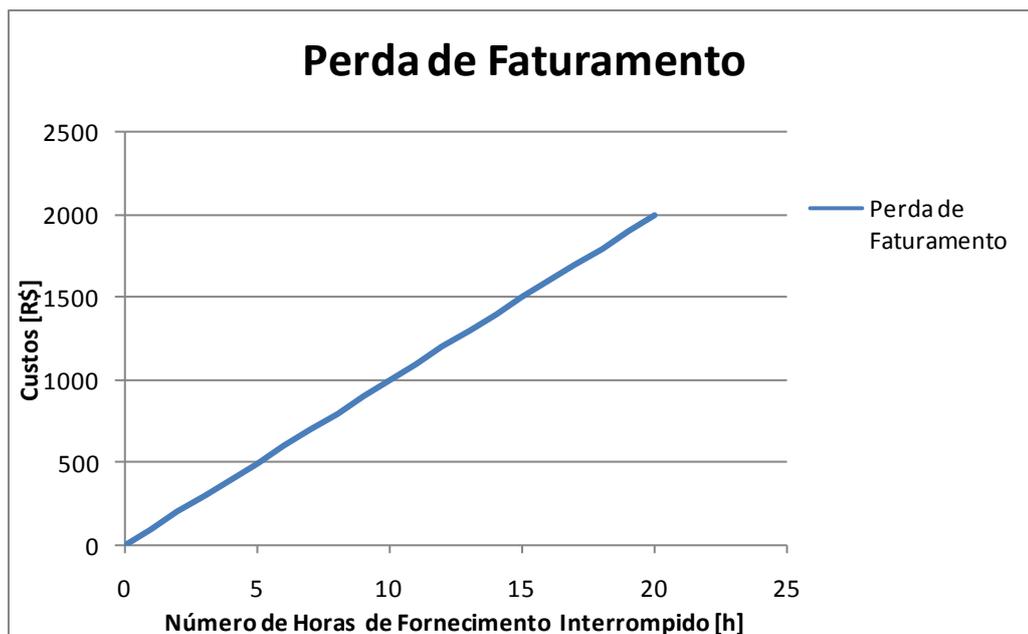


Figura 8: Custo da Qualidade para a Concessionária: perdas de faturamento

A distribuidora também terá que arcar com custos para que o serviço seja restabelecido, que são as despesas de O&M, porém tais custos são mais difíceis de quantificar com base no tempo de interrupção ou na energia que deixou de ser fornecida. Por serem bem caracterizadas e amplamente utilizadas, as perdas de faturamento devido à energia não distribuída serão consideradas como os custos da qualidade na visão da distribuidora. Nesse modelo as interrupções devem ser marginais, ou seja, não afetarem o modo que os clientes consomem a energia a curto e a longo prazo, e o prejuízo devido a estas interrupções deve ser marginal para a concessionária.

Se por um lado há custos decorrentes das interrupções, por outro há investimentos e gastos para evitar que tais interrupções ocorram, os quais para a distribuidora são os investimentos na rede elétrica e gastos com operação e manutenção preventiva do sistema. Os investimentos e gastos são justificados na medida em que trazem benefícios decorrentes da diminuição da END.

Entretanto os custos de interrupção para os clientes, sociedade e para os outros agentes são maiores dos considerados pela distribuidora e os benefícios da melhoria da qualidade de energia também são mais relevantes. Por isso a importância de um órgão regulador para apontar quais aspectos considerar na definição de padrões de qualidade.

3.2.2. Visão do Regulador

De forma geral quando há ambientes monopolistas e com preços de receita definidos, o órgão regulador deve estabelecer a qualidade dos serviços e produtos oferecidos pela concessionária. Isto é importante pois com a definição do valor esperado de receitas a concessionária pode aumentar seu lucro a curto prazo diminuindo os investimentos e gastos com qualidade de energia.

Na regulamentação brasileira, caso as distribuidoras não atinjam as metas estabelecidas, são penalizadas por multas ou ressarcimentos aos consumidores. O gráfico da Figura 9 apresenta esses resultados, considerando o mesmo valor da tarifa de energia utilizado no exemplo anterior.

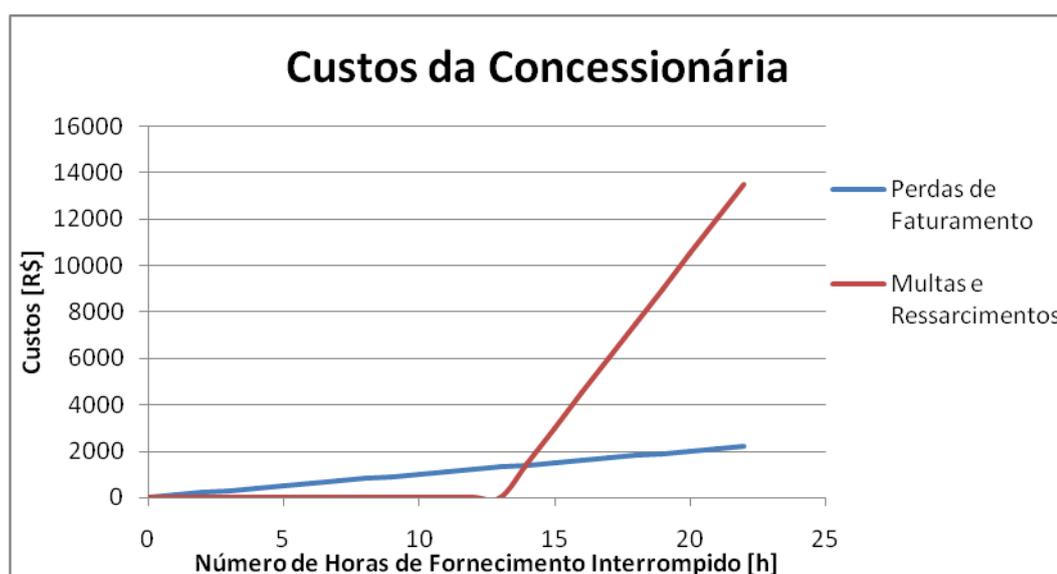


Figura 9: Custo da Qualidade imposto pelo Regulador à Concessionária no caso de não atendimento das metas de continuidade conjuntamente com perdas de faturamento

Após certo número de horas de interrupção, nesse caso 13h, a distribuidora passa a ser penalizada. O exemplo do gráfico exemplifica esse processo, considerando o valor em R\$/MWh de interrupções para consumidores residenciais. O fator de penalização foi de 15 vezes o valor da $TUSD_B$, coerentes com os estabelecidos pela Aneel no módulo 8 do PRODIST.

3.2.3. Visão do Consumidor

Para os consumidores uma interrupção de energia elétrica impacta na restrição dos benefícios auferidos pelo consumo e nos prejuízos decorrentes da interrupção, a soma da perda de benefícios com os prejuízos decorrentes da interrupção do fornecimento é o custo da qualidade da energia. Sua mensuração e seu valor são explicados ao longo deste capítulo. Uma das formas de representação do custo da qualidade é através do custo da energia não distribuída. A Figura 10 apresenta a diferenciação entre o custo da qualidade para o consumidor e dos demais custos visto pela concessionária, seguindo o padrão dos gráficos já apresentados. Foi adotado o valor de custo da energia não distribuída de R\$3,50/kWh, coerente com os valores levantados em pesquisas de custo da qualidade.

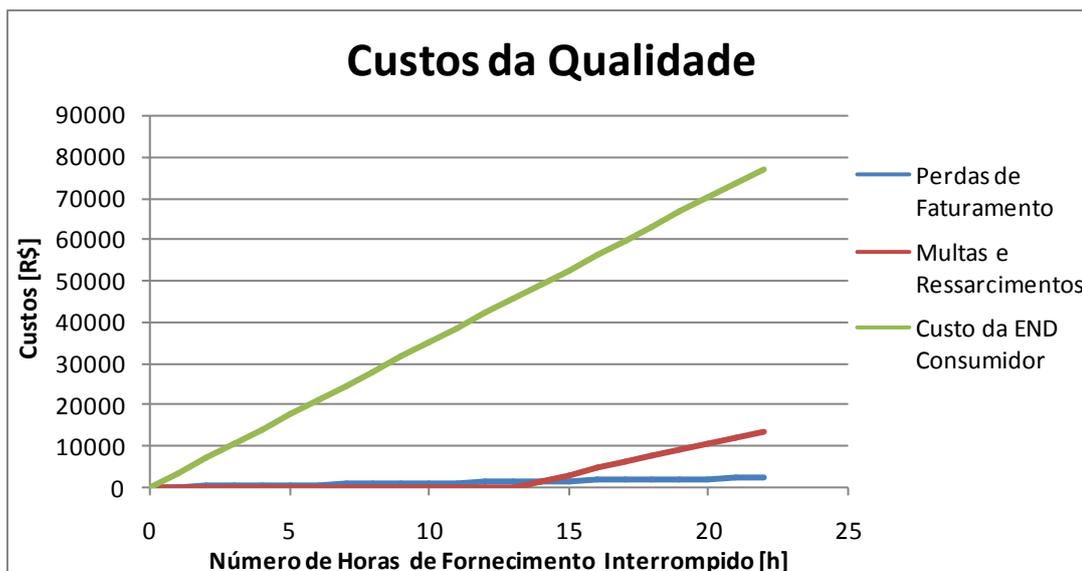


Figura 10: Custo da Qualidade para o consumidor e para a concessionária

3.3. O Custo da Interrupção da Energia Elétrica e sua Valoração

Os problemas relacionados com a qualidade de energia elétrica dependem das características do negócio dos clientes e com os tipos de faltas que podem ocorrer no sistema de distribuição ou na própria instalação do cliente. Historicamente os impactos de qualidade de energia mais prejudiciais para a sociedade eram aqueles decorrentes de interrupções de longa duração, por resultar em custos sociais elevados. Além disso, os equipamentos utilizados eram menos sensíveis às pequenas variações de tensão e não havia presença disseminada de equipamentos eletrônicos sensíveis à variações de tensão e frequência. De forma geral o custo da continuidade é superior ao custo de variações transitórias, desde que estas sejam relativamente inferiores a aquelas. Um trabalho realizado na Noruega [35] verificou justamente este aspecto. No Brasil alguns trabalhos estudaram aspectos relacionados aos impactos possíveis da qualidade do Produto ou do Serviço [36] [37].

Para a mensuração dos custos da qualidade para o consumidor são usualmente utilizadas três tipologias de métodos [38]. A primeira utiliza dados

decorrentes do comportamento do consumidor em mercados recorrentes com base em modelos econométricos, matriz insumo produto, etc. Outra maneira de valoração é através dos custos do consumidor e itens que indicam o valor da qualidade da energia, tais como valor da produção perdida, o valor do lazer desperdiçado, custos com outras formas de suprimento, tarifa média da energia, etc. Por fim pode-se valorar o custo da qualidade através da disposição a pagar (DAP) com base nas teorias de preferência e excedente do consumidor. Cruz (2007) [39] identifica os dois primeiros métodos como métodos analíticos indiretos, pois não consideram diretamente a opinião do consumidor. Já o terceiro é relacionado com métodos analíticos diretos. Os resultados dos métodos analíticos indiretos são relativamente mais fáceis de avaliar do que os resultados dos métodos diretos, porém apenas os métodos diretos refletem a verdadeira disposição a pagar (DAP) dos consumidores. A pesquisa DAP é realizada utilizando método de avaliação contingente neste caso.

A utilização de ambos os métodos tem sido indicada para confrontação dos resultados [21]. No Brasil, Cruz [39] desenvolveu uma metodologia de cálculo dos custos da interrupção baseado em perguntas de prejuízos envolvidos e na disposição a pagar do consumidor, Marques (2006) [40] desenvolveu uma metodologia para calcular o custo de interrupção em clientes industriais e comerciais, consolidada através de ferramenta computacional por metodologia de análise direta e que pode ser utilizada pelo próprio consumidor através de ferramenta computacional disponível na rede internet.

Segundo o trabalho do CIGRE [21], deve-se ter em mente, ao considerar o custo da interrupção da energia elétrica, que o valor mais importante a ser levantado é o custo individual do consumidor para uma interrupção percebida por ele. A partir deste dado é possível agregar ou calcular uma média para os custos de interrupção

de um tipo ou classe de consumidor e, posteriormente, de um alimentador ou mesmo de uma região.

Para apresentação dos resultados existem formas mais usuais. A curva do custo da interrupção é uma delas; considera-se que existe um impacto para o consumidor decorrente da interrupção e outro decorrente do tempo no qual o consumidor fica sem energia. Outra forma de valoração é através do custo social da energia não distribuída, no qual há um valor que expressa o custo de cada MWh não distribuído para a sociedade. Existem outras formas que procuram criar modelos macroeconômicos vinculando problemas de qualidade de energia com a variação do PIB ou de outro índice macroeconômico.

Para agregar ou calcular uma média do custo de interrupção para um tipo ou classe de consumidores, utiliza-se os valores da interrupção relativos ao consumo, à potência ou a energia não fornecida para o consumidor. É uma relação em pu (por unidade) entre o custo de interrupção, expresso em reais, e o consumo ou demanda do consumidor. Assim, se o custo de interrupção de um consumidor é expresso em R\$, o custo da interrupção para composição com outros consumidores deve ser expresso em R\$/kW, R\$/KWh, R\$/kWh_{interrompido}. Dessa forma, o nome “custo da interrupção” pode significar diversas unidades de medida, porém o nome “custo da energia não distribuída” deveria ser relacionado somente com a unidade em R\$/kWh_{interrompido}.

3.3.1. Custo da Interrupção em São Paulo

Magalhães [41] avaliou o custo da interrupção através de pesquisas junto aos consumidores que permitem estimar o “custo de interrupção do fornecimento de energia elétrica”, chamado no trabalho de “custo social da interrupção”. A pesquisa

abrangeu os consumidores residenciais, comerciais e industriais do Estado de São Paulo. Foram utilizados métodos diretos e indiretos na mensuração do custo da interrupção. Os custos de interrupção para as categorias residencial e comercial/industrial de pequeno porte foram avaliados considerando as duas metodologias. Para as categorias comercial de grande porte e industrial foram utilizados somente custos diretos.

As pesquisas utilizando método indireto o fizeram através da pergunta DAP. As pesquisas por método direto utilizaram diversos tipos de custos relacionados com a frequência de interrupção e com o tempo energia interrompida de acordo com as categorias de clientes.

Para os clientes residenciais, o modelo DAP resultou em um custo médio para a categoria residencial de 0,83 US\$ por kWh_{interrompido} enquanto que no modelo de Custos Diretos o custo médio da interrupção foi de 0,96 US\$ por kWh.

Para os clientes comerciais BT, os valores obtidos com a metodologia DAP ficaram entre 0,52 US\$/kWh_{interrompido} a 0,90 US\$/kWh_{interrompido}. Com a metodologia de custos diretos, onde não é considerada apenas a utilidade, mas também processos produtivos ou vendas, esse valor ascende à 1,27US\$/kWh_{interrompido}, entendendo esse valor como uma média ponderada das amostras das atividades pesquisadas. O custo Unitário do kWh interrompido para o Estado de São Paulo, ponderando-se pelo consumo energético foi de 1,20 US\$/kWh_{interrompido}.

Hideki [42] em 2001, realizou uma pesquisa de avaliação do custo de interrupção para clientes de Alta e Média tensão em uma concessionária de São Paulo. A pesquisa foi realizada em duas regiões, sendo um universo de 2553 consumidores industriais, dos quais foram pesquisados 69 clientes AT e 140 clientes BT. Foram realizadas pesquisas qualitativas antes da avaliação quantitativa. Os

custos diretos foram os assumidos para quantificar o custo da interrupção. Entre os custos diretos estão: custo de geração própria; de proteção; de reparos; de matéria prima e produtos deteriorados; de produtos acabados danificados; de produção perdida; Custo de retomada de produção; de horas extras; de perdas de informação; e custos extras. Foram entrevistados 209 clientes e 168 questionários foram aproveitados.

Um dado interessante na pergunta DAP desta pesquisa foi que, 90% das empresas entrevistadas vêem benefícios com o aumento da qualidade de energia, porém 93% dos clientes não aceitam pagar pela melhoria do serviço. Deve-se notar que apenas 11% dos clientes consideram a qualidade de energia fornecida como ruim ou péssima. A resposta negativa a DAP é predominantemente econômica, sendo 85% alegam problemas econômicos de aumento de custos. Essa pesquisa apontou um custo de interrupção de 1,64 US\$/kWh.

Com base nos valores obtidos nas pesquisas em São Paulo e em outros resultados internacionais [21] o valor do custo da energia não distribuída, C_{END} , utilizado neste trabalho será de R\$ 3,50/kWh_{interrompido}. Este valor foi escolhido baseado na atualização monetária dos custos anteriormente descritos.

3.4. Pesquisa de Custo da Qualidade para a Área em Estudo

3.4.1. Método de Avaliação Contingente

A Pesquisa de Disposição a Pagar baseia-se no método de Avaliação Contingente (MAC). O método consiste na técnica de mensuração que utiliza pesquisas amostrais para extrair as preferências individuais por bens e ou serviços, calculando a Disposição Máxima a Pagar (DAP) por uma melhoria de um serviço público, ou a Disposição Mínima a Receber (DAR) para um decréscimo na qualidade

ou nível de oferta de um bem ou serviço. Essa estimativa definida pelas variações equivalente e compensatória de Hicks pode ser interpretada como o valor do bem para um indivíduo representativo.

O método de avaliação contingente é uma das abordagens mais difundidas para obter a disposição a pagar por bens para os quais não existe um mercado. Em linhas gerais, o método de avaliação contingente consiste em apresentar ao indivíduo, preferivelmente em entrevistas face a face, um mercado hipotético para o bem que está sendo valorado. Então a disposição a pagar é eliciada através de uma questão convenientemente formulada. Dessa forma, o valor estimado é contingente ao mercado hipotético apresentado, daí a denominação do método [43]. Não há uma abordagem padrão para o desenho da pesquisa de avaliação contingente, no entanto, há uma série de elementos bem definidos para realização da pesquisa, que podem ser considerados como um roteiro metodológico para garantir a confiabilidade e validade dos resultados.

A montagem do cenário a ser apresentado ao entrevistado é o aspecto chave da concepção do estudo, o entrevistado deve saber o que está pagando ou deixando de pagar, como será o pagamento e as conseqüências de sua escolha. São as condições mínimas para que faça uma escolha racional dentro de um contexto da teoria da utilidade do consumidor.

Um ponto importante que diferencia a pesquisa é como obter a disposição a pagar do entrevistado. Há várias maneiras alternativas de perguntar a DAP, as duas principais são: o formato aberto (*Open Ended*) da pergunta, onde o entrevistado expressa o valor que deseja, a pergunta é: “Qual a sua disposição máxima a pagar por um determinado bem ou serviço?”. Este enfoque tem sido criticado pelos especialistas por ser extremamente vago e levar mais as pessoas a expressarem

atitudes com relação ao bem do que avaliarem o bem ou projeto em questão. Outro modo pergunta é o formato dicotômico (*Referendum*), que envolve uma escolha do entrevistado: a pergunta é “Você está disposto a Pagar a quantia \$xx,xx pelo programa que está sendo avaliado?” Sim ou Não?

O modo *referendum* é mais apropriado para a avaliação de bens públicos, baseia-se no modelo político de mercado, onde as pessoas expressam suas escolhas por votação, aprovando ou desaprovando alternativas e, à medida que fazem opções políticas e pagam pela provisão de bens públicos mediante taxas, tarifas públicas e impostos, produzem um cenário mais realista para a pesquisa de Avaliação Contingente.

Para empregar o método é utilizada uma combinação de técnicas qualitativas exploratórias como grupos de foco, entrevistas em profundidade, que subsidiam a pesquisa quantitativa. A pesquisa de Avaliação Contingente pode ser considerada um tipo de pesquisa pluralística pois combina métodos qualitativos e quantitativos para obter as vantagens de ambos. Antes da aplicação da pesquisa de campo são feitos testes prévios, pesquisas-piloto, para avaliar em condições reais o desempenho da pesquisa, do questionário e do processo de entrevista e também para treinar a equipe de pesquisadores.

3.4.2. Pesquisa em São Paulo para Obtenção da Disposição a Pagar pela melhoria da qualidade de energia

Foi utilizado o Método DAP/DAR para se obter o valor contingente da melhoria da qualidade de energia elétrica para uma determinada área da concessionária através de uma pesquisa de campo inédita considerando somente os clientes residenciais.

Para a escolha das áreas de pesquisa fez-se uma análise dos níveis de qualidade, medidos de acordo com a Res. Aneel 024/2000, bem como a análise dos índices de satisfação com a qualidade do fornecimento de energia, obtido pela ABRADÉE nas pesquisas anuais de satisfação do cliente para áreas da AES Eletropaulo. Foram escolhidas as regiões com clientes mais insatisfeitos que apresentavam os menores índices de satisfação em relação à qualidade do fornecimento de energia elétrica.

Para a realização da pesquisa foram selecionadas cinco regiões com índices mais altos de insatisfação com a qualidade de energia e nas quais os valores de índices de qualidade (DEC / FEC) estavam acima da média, com valores médios de frequência de interrupção maiores que 8 vezes por ano e com tempo médio de restabelecimento maior que 15 horas por ano, podendo chegar a 40 horas por ano. O público alvo da pesquisa foi definido como os consumidores residenciais nas áreas críticas. O entrevistado foi o chefe do domicílio ou conjugue, entre 18 e 70 anos, sem restrição de renda. Foram feitos dois grupos de *focus*, uma pesquisa de piloto com 50 amostras e a pesquisa de campo com 500 amostras. A pesquisa de campo apresentou resultados qualitativos e quantitativos.

Foi observado na etapa qualitativa da pesquisa que a insatisfação dos consumidores estava mais associada aos aspectos de atendimento da empresa, do que aos impactos da qualidade no fornecimento de energia. Constatou-se que os consumidores residenciais estão mais atentos a problemas palpáveis como erro na conta, interrupções não programadas e os tempos de restabelecimento no caso de falta de energia. Porém, os consumidores apresentaram dificuldades para avaliar e quantificar a qualidade do fornecimento segundo os índices definidos pela Aneel.

Nesse sentido, para apresentar um cenário factível e plausível, foi oferecido para os entrevistados a situação atual da qualidade dos serviços de energia nas áreas críticas, e a situação futura caso fossem realizados investimentos na rede para melhorar a qualidade dos serviços.

Desta forma, os entrevistados constatavam a variação no nível de qualidade dos serviços. Após a apresentação do cenário, foram feitas as perguntas DAP e DAR. Embora a recomendação geral na literatura seja de que as questões sejam sempre formuladas no formato de disposição a pagar, as reações e respostas dos entrevistados nos “*focus group*” realizados no processo de construção do questionário indicaram uma ambigüidade em relação ao cenário da disposição a receber por parte dos grupos, um dos grupos mostrou-se favorável à disposição a pagar e outro à disposição a receber. Por esse motivo, foram incluídas as duas questões no questionário final.

Adotando-se o modelo *referendum*, o entrevistado era confrontado com uma pergunta DAP, questionando se o cliente estava disposto a aceitar um investimento na rede de energia para melhorar sua qualidade tendo como meta os índices das melhores regiões da concessionária. Depois os clientes eram confrontados com uma pergunta DAR, questionando sobre a aceitação de um desconto para continuar com a qualidade da energia tal como estava. O cliente podia responder não para qualquer uma das questões, podendo assim negar pagar o investimento e negar receber para continuar com a mesma qualidade, recebendo desconto. Os valores da DAP e DAR foram definidos durante a fase qualitativa, seis valores (1, 2, 3, 5, 7 e 10 reais) acrescidos a conta mensal de energia elétrica para realizar os investimentos, ou oferecidos como desconto no caso da disposição a receber, distribuídos aleatoriamente entre os entrevistados. Os valores do desconto oferecidos estavam

relacionados à resposta à DAP. Foram inseridas perguntas de *follow-up*, questionando o motivo das respostas.

3.4.3. Resultados Qualitativos da Pesquisa.

Os resultados da DAP mostram que, considerando todos os valores, 24,6% da amostra está disposta a pagar para a realização dos investimentos propostos e 75,4% não. Como era de se esperar, o percentual de entrevistados favoráveis ao investimento diminui à medida que o valor da contribuição aumenta. 41,43% estão dispostos a pagar o valor mínimo, R\$1,00 por mês, para a realização dos investimentos e apenas 14,29% dos entrevistados estão dispostos a pagar o valor máximo, R\$10,00 para o mesmo fim.

Dos que aceitaram pagar pelo investimento, cerca de metade aceitou o desconto, que tinha valor maior que o que o cliente deveria pagar pelo investimento. Dentre os que não aceitaram pagar pelo investimento 73.2% aceitaram o desconto, mesmo este sendo menor que o valor proposto para o investimento.

De forma geral o motivo principal de não aceitação ao pagamento estava vinculado ao aumento do valor pago na conta. Dos que aceitaram a DAP e optaram pelo desconto, 20% o fizeram por estar satisfeito com a qualidade de energia. Dos que não aceitaram a DAP, mas preferiram o desconto, apenas 4% estavam satisfeitos com a qualidade da energia.

3.4.4. Resultados Quantitativos

O ponto mais importante a ser destacado nos resultados obtidos é que uma parcela significativa dos entrevistados não aceita o pagamento do valor mínimo oferecido. Este resultado provavelmente reflete que há uma parcela da população que não está disposta a reduzir seu consumo de outros bens para “pagar” algo pela melhoria do fornecimento.

Do ponto de vista prático, essa proporção elevada de rejeições ao valor mais baixo leva a um problema de ordem técnica. Qualquer modelo que não introduza explicitamente uma grande concentração de zeros produzirá resultados pouco confiáveis. Os modelos mais tradicionais, por exemplo, por serem baseados em distribuições simétricas provavelmente produzirão estimativas de disposição a pagar média negativas.

A disposição a pagar é uma variável contínua, mas pode-se construir uma aproximação do valor mínimo da disposição a pagar média. Logo, esse valor corresponde ao menor valor possível associado a essa probabilidade. A DAP é calculada através da porcentagem de entrevistados pagantes para cada valor, subtraídos os entrevistados que pagariam, na média, o valor superior. O valor da DAP calculado é de R\$ 2,176, conforme pode ser observado na Tabela 1. O cálculo segue a seguinte lógica, 14,30% dos entrevistados pagam no mínimo o valor de R\$10,00. Os que pagam no mínimo R\$7,00 são, na média, aqueles entrevistados que tiveram sua pergunta DAP com valor de R\$7,00 menos os entrevistados que pagariam no mínimo R\$10,00, ou seja, 16,7% menos 14,30% que resulta em 2,40%, como pode ser observado na tabela.

Tabela 1: Disposição a pagar por Valor de Acréscimo na Conta e Resultado da DAP

Valor	Porcentagem dos Entrevistados que pagariam	Porcentagem que pagariam o valor	Média de Pagamento
R\$ 1,00	41,40%	12,50%	R\$ 0,125
R\$ 2,00	28,90%	4,50%	R\$ 0,090
R\$ 3,00	24,40%	1,10%	R\$ 0,033
R\$ 5,00	23,30%	6,60%	R\$ 0,330
R\$ 7,00	16,70%	2,40%	R\$ 0,168
R\$ 10,00	14,30%	14,30%	R\$ 1,430
Soma - Valor da DAP			R\$ 2,176

Os resultados desta pesquisa demonstraram que é possível desenvolver metodologias que considerem a disposição a pagar dos consumidores para a qualidade dos serviços de forma a subsidiar o planejamento dos investimentos e a alocação dos recursos de forma a atender o real interesse da sociedade.

3.4.5. Considerações sobre os resultados de DAP

A pesquisa de campo para valoração da Disposição a Pagar pela melhoria da qualidade mostrou-se adequada para obter o valor contingente da melhoria da qualidade, bem como para avaliar a percepção do consumidor em relação à qualidade de energia. Entretanto a aplicação dos resultados tais como foram obtidos necessitam de algumas considerações:

- Os valores utilizados na pesquisa foram elevados para o padrão do consumidor, sugere-se uma redução na faixa de valores entre R\$ 0,10 e R\$ 3,00;
- O resultado da pesquisa aponta qual é a quantia da DAP aceita pelos consumidores para melhorar a qualidade da energia segundo um cenário estabelecido. No caso da pesquisa o cenário foi de redução do DEC anual de 16h para 8h e do FEC de 8 interrupções ao ano para 4 interrupções.

Os clientes podem ser separados de acordo com as características da rede, porém deve-se atentar que quanto mais aleatória for a amostragem dentro da área de interesse, maior a possibilidade de se expandir os dados para toda a região de interesse.

CAPÍTULO 4 – USO DO SISPAI PARA DEFINIÇÃO DE METAS DE CONTINUIDADE

4.1. Introdução

Através do planejamento agregado de investimentos é possível estabelecer relação entre investimentos em redes de distribuição e melhoria na qualidade de energia e, a partir destes resultados e da escolha, pelo consumidor, do nível de qualidade desejado, pode-se estabelecer os níveis de continuidade.

Esta introdução apresenta as principais características do SISPAI, os dados da rede utilizados no estudo, os critérios de planejamento utilizados, as formas de apresentação dos resultados de investimentos em redes e a qualidade de energia resultante. A seguir é apresentado um estudo de caso, o cálculo dos investimentos que deveriam ser aplicados e os principais resultados obtidos. Tais resultados são consolidados através da análise dos impactos econômicos desses investimentos em qualidade de energia.

Por fim as metas de qualidade são estabelecidas tendo como parâmetro os resultados obtidos no planejamento agregado de investimentos e nos custos ou importância da qualidade para o consumidor.

4.1.1. SISPAI e Qualidade da Energia Elétrica

O SISPAI otimiza os investimentos na rede de forma a atender o crescimento da rede e os critérios técnicos com o menor custo global possível. O capítulo 2 desse trabalho referenciou os principais aspectos dessa otimização.

O SISPAI busca uma rede otimizada considerando a relação B/C (Benefício/Custo) como fator principal para a escolha das obras. O Custo neste caso é representado pelo valor anualizado dos investimentos necessários à execução das

obras, enquanto que o Benefício representa os valores dos ganhos econômicos devidos à redução das perdas de energia, aos melhores índices de continuidade e aos melhores níveis de tensão, estes últimos benefícios são baseados no custo social da Energia Não Distribuída.

Nos cálculos do programa podem ser propostas duas formas para se obter melhores índices de qualidade de energia:

- Reduzir os valores permitidos (critérios) de DEC e FEC para toda a rede. Dessa forma o SIPAI considera como obrigatórias as obras para melhoria dos índices de qualidade, até atingir os valores permitidos de DEC e FEC.
- Aumentar o custo social da energia não distribuída (C_{END}), através do aumento do valor unitário de END.

No primeiro caso, corre-se o risco de se realizar os investimentos que atendam apenas aos índices de qualidade, obtendo-se soluções pouco econômicas. Há também o risco de se impor índices de qualidade fora dos níveis coerentes com os padrões de redes utilizados. Além disso, a evolução dos valores dos índices de qualidade tende a uma saturação cujo valor não é conhecido, o que em certos casos acarreta na impossibilidade de se obter os índices desejados.

No segundo caso, o qual foi preferido, com o aumento do valor unitário da energia não distribuída o programa decide qual será a política de obras para melhoria dos índices de qualidade, baseado em resultados econômicos, ou seja, pressupõe uma situação na qual a sociedade tem uma maior disposição a pagar por melhor qualidade de energia a qual é representada pelo maior custo social de interrupção do fornecimento. Assim, aumentando o valor do custo unitário (equivalente a aumentar a DAP) irá permitir obter redes com melhores índices de qualidade em concordância com os requisitos dos consumidores.

4.1.2. Dados da Rede e Critérios

Para a aplicação do estudo de caso foi escolhida uma região da concessionária AES Eletropaulo com as mesmas características da área na qual foi avaliada a disposição a pagar pela melhoria da qualidade de energia elétrica. A área escolhida foi a Regional Oeste, que está em expansão e tem indicadores de qualidade aquém da média da empresa e portanto com bastante possibilidade de melhoria, embora estes estivessem dentro dos padrões regulamentados. Observa-se que a Eletropaulo apresenta mais de 200 transformações e 1400 alimentadores cadastrados na base de dados. A Regional Oeste apresenta cerca de 20 transformações de tensão e 200 alimentadores. A palavra “transformações” representa não somente as subestações, pois em uma mesma subestação pode haver mais de uma relação de transformação de tensão.

Os dados para a simulação foram fornecidos pela Eletropaulo, tanto no que se refere à base de dados da rede elétrica como também aos critérios, aos padrões de planejamento e aos valores de custos unitários. As políticas gerais de evolução da rede foram também baseadas na experiência da área de Engenharia da Eletropaulo.

Ajustes na rede para o ano inicial foram feitos de forma a não haver transgressão de critérios no ano inicial, pois isto poderia mascarar os resultados pretendidos dos investimentos para melhoria da qualidade de energia. Deste modo, os critérios de carregamento de alguns alimentadores foram adequados para uma situação na qual a rede atual atende plenamente todos os critérios técnicos. Os critérios de tensão foram adotados de forma um pouco mais conservadora do que

aqueles que são adotados no padrão regulatório, representando melhor todos os tipos de consumidores e auxiliando na otimização do sistema.

Critérios de redundância (n-1) em reserva quente para os transformadores das SEs não foram considerados, em coerência com a política atual da concessionária. Por outro lado, foi permitida “folga” na rede primária para transferência de carga, o que possibilita aumento da confiabilidade a custos moderados.

Especificamente os parâmetros técnicos e econômicos utilizados no estudo de caso são apresentados no item 4.2, Cálculo de Investimentos. Os dados técnicos são relativos à rede da concessionária em 2005, com atualizações necessárias e, os dados econômicos foram obtidos para os anos de 2007 e 2008.

4.1.3. Resultados do SISPAI

De forma geral, o ideal para a análise dos resultados seria através do impacto tarifário, possibilitando à sociedade escolher se arcará ou não com os custos da melhoria de qualidade. Entretanto, a tarifa tem valores externos à análise técnica e econômica entre concessionária e consumidor, e não está no escopo da análise realizada. Acrescenta-se a este problema o fato de que a metodologia de revisão tarifária ainda está sendo aprimorada pelo órgão regulador.

A solução desse impasse é a apresentação dos resultados de investimentos versus qualidade através de um modo consolidado e, como instrumento de apoio, foram propostos indicadores para permitir uma análise de sensibilidade em relação a esses investimentos.

Os resultados típicos possibilitados pelo SISPAI são:

- Investimentos necessários para se atingir um determinado nível de qualidade;
- Relação entre custo unitário da energia não distribuída e Investimentos;
- Relação entre custo unitário da energia não distribuída e DEC da região;
- Relação entre DEC e Investimentos.

Estes resultados são apresentados nos próximos itens. Também são apresentadas as principais conclusões em relação aos tipos de obras propostas pelo SISPAI, bem como considerações a respeito da evolução da rede. Os valores de DEC e FEC obtidos são relativos apenas às Interrupções Intempestivas (não programadas) nas SEs de distribuição e na rede primária.

São propostos dois indicadores para apoiar a análise dos investimentos em relação às características da rede, e é utilizado um terceiro indicador já consolidado:

- Valor Médio de Acréscimo de Custo ao MWh Fornecido Devido à Melhoria de Qualidade;
- Impacto no Valor Novo de Reposição (VNR) dos Ativos;
- Custo Marginal dos Investimentos.

Estes indicadores são apresentados durante a análise dos impactos dos investimentos.

A definição de índices de qualidade pode ser então analisada frente aos anseios da sociedade, estes representados pelo custo da energia não distribuída ou pela disposição a pagar pela melhoria do serviço. Finalmente, observa-se que para a variação do custo marginal foi utilizado o fator de carga 0,6 que se constitui no valor médio da região.

4.2. Cálculo de Investimentos

São apresentados os parâmetros adotados e em seguida os resultados referentes à relação Investimentos *versus* DEC, com a quantificação dos impactos devido à melhoria de qualidade.

4.2.1. Parâmetros Técnicos e Econômicos

Os parâmetros técnicos/econômicos para simular o SISPAI estão relacionados com os custos unitários, valores econômicos e limites ou critérios técnicos. Os custos unitários abrangem as Perdas técnicas (perdas de demanda e perdas de energia) e os custos unitários dos equipamentos e redes atualmente padronizadas pela concessionária. Os parâmetros econômicos estão relacionados com a taxa de retorno, o horizonte de análise e o crescimento do mercado. Os critérios técnicos são fundamentalmente relacionados com os níveis aceitáveis de tensão e de carregamento. Não foram adotadas limitações relativas à DEC e FEC máximo por alimentadores ou conjuntos de consumidores.

Os valores considerados para os custos unitários de perdas são mostrados na Tabela 2. O custo por perda de demanda está em R\$/kW, já o custo das perdas de energia está em R\$/MWh, sendo que este valor está baseado na expectativa do custo marginal da energia para o atual horizonte de planejamento. A variação dos valores de Energia Não Distribuída (END) adotada, que possibilita o levantamento da curva Investimentos x Qualidade, foi de 1,00R\$/kWh a 15,00R\$/kWh. Estes valores estão na faixa de custo social da energia não distribuída⁴ e cobrem os ressarcimentos por parte da concessionária ao infringir os limites de qualidade, pois, conforme a Res. ANEEL 024/2000, os valores de custo de penalidade variam de 10

⁴ Para valores do custo social da energia não distribuída consultar o capítulo 3 e suas referências.

a 50 vezes a tarifa. Como a tarifa da Eletropaulo é da ordem de 270 R\$/MWh⁵ para baixa tensão, os valores de custo da END propostos no âmbito deste relatório estão entre 3,7 e 55,5 vezes o valor desta tarifa. A atualização dada pelo PRODIST não contradiz essa gama de variação do custo de energia em relação ao ressarcimento individual decorrente do não cumprimento das metas de qualidade por parte da concessionária.

A taxa de atualização utilizada foi baseada no WACC, optando-se por utilizar o valor deflacionado e sem impostos, ou seja, taxa de atualização anual de 10%. O horizonte de estudo foi de 10 anos. O valor da TRII (B/C) mínima foi de 5, evitando-se assim obras de melhoria de menores rentabilidades, as quais tenderiam a aumentar os gastos orçamentários. Todos estes dados estão ilustrados na Tabela 3.

Os limites técnicos de tensão (máximos e mínimos), bem como os valores de penalização (V_{penal} e V_{na}) estão em pu, conforme Tabela 4. O orçamento foi ilimitado, conforme apresentado na Tabela 5, com exceção do ano inicial (ano 1). Neste caso, restringiu-se o orçamento para realizar apenas as obras necessárias para atender os critérios técnicos, fazendo com que o ano 1 seja o mesmo em todas as simulações, sendo portanto o ano previsto para adequar a rede aos critérios técnicos. Nos demais anos, como não houve limitação orçamentária, o programa otimizou a evolução da rede baseando-se nos custos anuais correspondentes aos investimentos necessários e aos custos operacionais.

Tabela 2: Custo das perdas e pesos na análise

Perdas			Pesos		
Demanda (R\$/kW)	Energia (R\$/MWh)	END (R\$/kWh)	Perda	END	DV
1	150	5	1	1	1

⁵ Ano 2008

Tabela 3: Parâmetros Econômicos para a simulação

Parâmetros Econômicos/ cresc.			
TRI	Tx. Atual.	NoCargas	h
-	%	%	Ano
5	10%	30%	10

Tabela 4: Valores técnicos para os limites de Tensão (em pu)

Valores limites de Tensão			
Vmax	Vmin	Vna	Vpenal
pu	pu	pu	pu
1,03	0,93	0,8	0,95

Tabela 5: Orçamento máximo para investimentos para o horizonte considerado

Dotação Orçamentária (kR\$/ano)			
1-	4000	8-	100000
2-	100000	9-	100000
3-	100000	10-	100000
4-	100000	11-	
5-	100000	12-	
6-	100000	13-	
7-	100000	14-	

4.2.2. Investimentos e END

Os relatórios do SISPAI apresentam a evolução dos investimentos em relação ao aumento dos valores de custos unitários da *END*. Os resultados são apresentados através do valor presente líquido dos investimentos, com taxas de atualização de 10% e para sensibilidade avaliou-se a taxa de atualização de 15% ao ano, conforme Figura 11. A Tabela 6 apresenta os valores numéricos obtidos nos relatórios do SISPAI.

Para cada simulação, manteve-se constante o valor do custo unitário da *END*, desde o primeiro ano até o décimo. Este valor poderia ser gradativamente aumentado ao longo dos anos da simulação, entretanto este procedimento não estava no escopo dessas simulações. O procedimento de manter o valor do custo social unitário da *END* constante e a restrição da TRII mínima ≥ 5 influenciam um

pouco no processo de otimização, podendo então haver outras soluções levemente melhores para os mesmos valores presentes de investimentos.

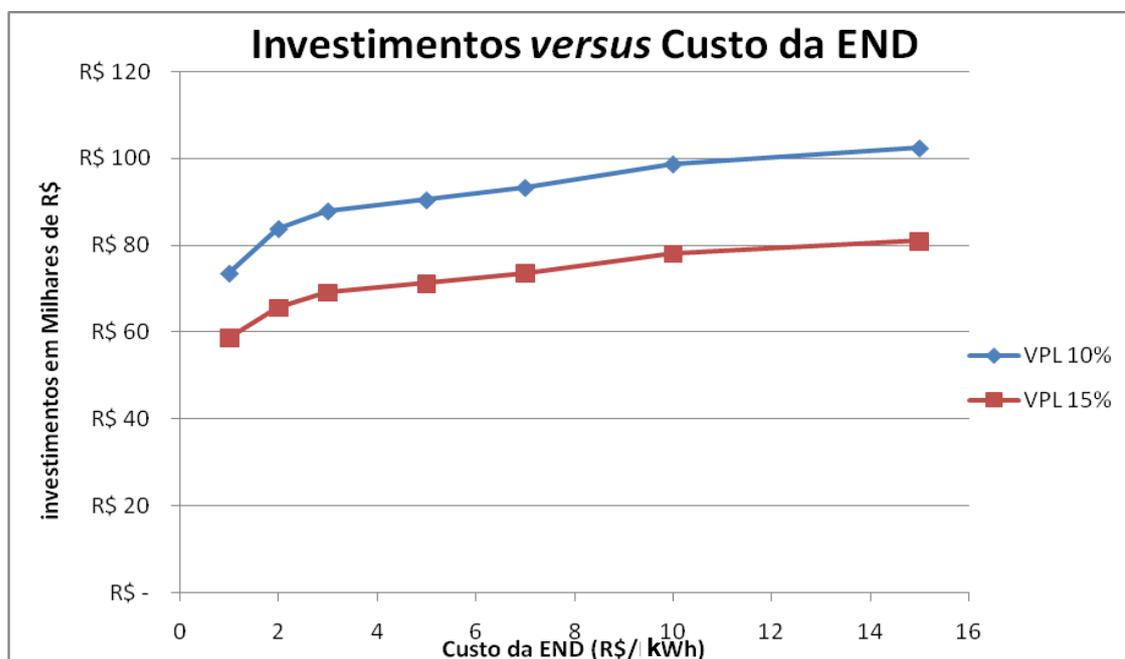


Figura 11: Gráfico da evolução dos investimentos em decorrência do aumento do custo unitário da END em R\$/kWh.

Tabela 6: Valores dos investimentos (milhares de Reais) em decorrência do aumento do custo social unitário da END (R\$/kWh)

Caso	END	TRI	Soma	VPL 10%	VPL 15%
1	1	5	R\$ 126.145,38	R\$ 73.562,18	R\$ 58.574,86
2	2	5	R\$ 149.386,24	R\$ 83.849,64	R\$ 65.581,50
3	3	5	R\$ 154.454,44	R\$ 87.928,88	R\$ 69.146,88
4	5	5	R\$ 158.597,99	R\$ 90.465,83	R\$ 71.197,10
5	7	5	R\$ 163.165,12	R\$ 93.319,88	R\$ 73.547,43
6	10	5	R\$ 171.115,71	R\$ 98.752,22	R\$ 78.133,83
7	15	5	R\$ 177.757,93	R\$ 102.440,80	R\$ 81.031,25

4.2.3. DEC e END

Para cada simulação foi possível obter a evolução do DEC ao longo dos anos dentro do horizonte de estudo, conforme Figura 12. O investimento inicial, no ano 1,

é similar para todas as simulações. Isto ocorreu em função da restrição de investimentos no primeiro ano. O DEC obtido representa o DEC médio da regional, havendo portando alimentadores com índices de DEC e FEC maiores e menores. Os valores obtidos de DEC são representativos de uma rede (praticamente) otimizada no final do horizonte de estudos. Os resultados numéricos estão expressos na Tabela 7. Os valores de DEC e FEC destas simulações devem ser analisados como sendo indicadores variando em função apenas das obras estruturantes, tendo como pressuposto que a proteção da rede (por exemplo: política de chaves nos troncos e ramais) é a otimizada e que as equipes e turmas de manutenção e operação da rede estão adequadas para garantir os tempos médios utilizados de localização e de reparos.

Tabela 7: Valores anuais de DEC (hora s/ano) para diferentes valores de custo social unitário da END (R\$/kWh)

Casos	DEC no ano										END
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	15,26	12,75	12,64	11,00	10,86	10,79	10,63	10,55	10,08	9,77	1
2	15,31	10,89	10,77	9,94	9,90	9,82	9,36	8,97	8,53	8,26	2
3	15,31	10,39	9,80	9,13	9,16	9,10	8,74	8,23	7,83	7,71	3
4	15,40	9,83	9,01	8,49	8,52	8,48	8,13	7,54	7,22	7,20	5
5	15,39	9,70	8,83	8,27	8,29	8,18	7,87	7,21	6,69	6,53	7
6	15,42	9,60	8,18	7,74	7,70	7,65	7,34	6,53	6,25	6,13	10
7	15,42	9,13	7,83	7,24	7,21	7,17	6,85	6,03	5,74	5,67	15

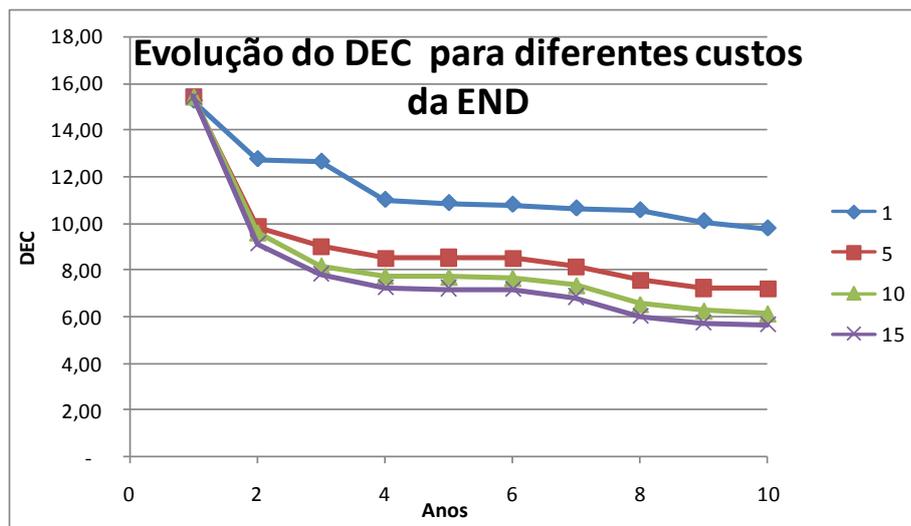


Figura 12: Gráfico do DEC (horas/ ano) para diferentes valores de custo social unitário da END (R\$/kWh)

4.2.4. FEC e END

Similarmente ao DEC, foi avaliada a variação do FEC em função do valor da END, conforme apresentado na Figura 13. A curva de redução do FEC para este caso é similar a curva de redução do DEC. Os valores numéricos estão presentes na Tabela 8.

Tabela 8: Valores anuais de FEC (interrupções/ano) diferentes valores de custo social unitário da END (R\$/kWh)

Casos	FEC no ano										END
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	9,92	8,38	8,31	7,20	7,11	7,07	6,95	6,90	6,60	6,39	1
2	9,95	7,11	7,04	6,48	6,46	6,41	6,09	5,84	5,55	5,37	2
3	9,95	6,79	6,40	5,96	5,97	5,93	5,69	5,36	5,09	5,01	3
4	10,01	6,42	5,89	5,54	5,56	5,53	5,30	4,92	4,71	4,69	5
5	10,00	6,35	5,77	5,40	5,41	5,35	5,13	4,72	4,37	4,27	7
6	10,02	6,28	5,33	5,05	5,02	4,99	4,78	4,26	4,08	4,00	10
7	10,02	5,96	5,10	4,72	4,71	4,68	4,46	3,93	3,73	3,69	15

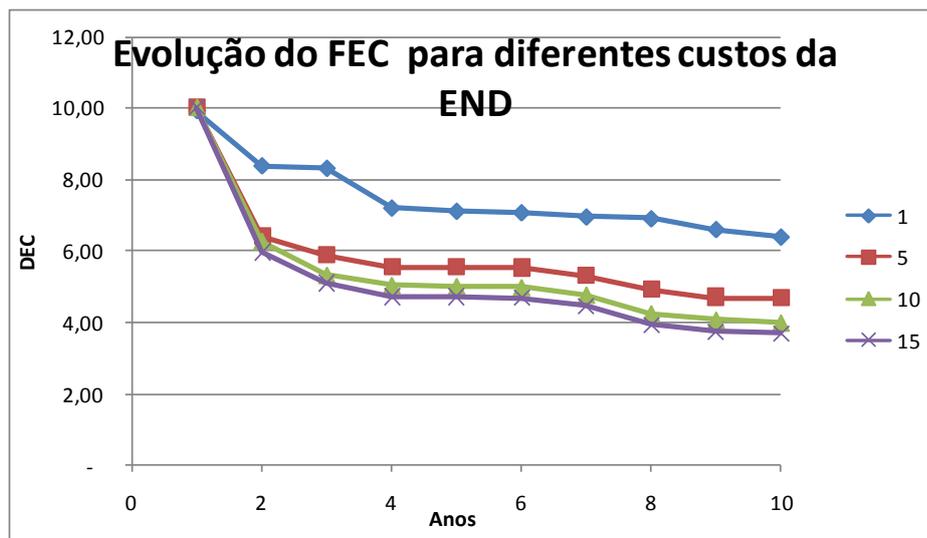


Figura 13: Gráfico do FEC (Interrupções/ ano) para diferentes valores de custo social unitário da END (R\$/kWh), de acordo com a cor das curvas

4.2.5. Investimento *versus* Qualidade – medida através do DEC

A partir dos relatórios de saída do programa SISPAI foi possível estabelecer a relação entre qualidade de fornecimento de energia e investimentos na rede. Nesta dissertação, a variação da qualidade da energia em decorrência dos investimentos foi motivada pelo aumento no valor do custo END, aumento este que possibilita novas obras no sistema para diminuir a energia não distribuída. As novas obras impactam tanto no DEC quanto no FEC.

Em média, os consumidores residenciais que responderam a pesquisa de disposição a pagar consideraram a duração de interrupções de longa duração como fator mais significativo para representação da qualidade da energia, de forma que a relação prioritária entre qualidade e investimento será estabelecida entre investimentos e o indicador DEC.

Através da simulação de vários valores de custos unitários de END, que resultam em diferentes valores de investimentos e de DEC, foram obtidas, por regressão, curvas de investimentos, de DEC e de END para cada ano, possibilitando a obtenção de quaisquer valores da relação entre o Valor Presente de Investimentos

e indicador DEC. Deste modo a relação entre Investimentos, END, DEC pode ser representada através das equações:

$$DEC = f(\text{ano}, END)$$

$$END = f(\text{investimento})$$

A correlação entre DEC e os montantes do VPL dos investimentos através de curvas de regressão resultou em valor elevado, por volta de 0,97.

A Tabela 9 apresenta a relação entre valor presente de Investimentos e DEC. Os valores presentes de investimentos foram discretizados em intervalos de 5 milhões de Reais e os valores de DEC foram calculados, em horas por ano, para 3 diferentes anos do horizonte: primeiro, quarto e décimo ano, sem restrição de orçamento. Os investimentos são apresentados para valor presente líquido considerando o horizonte de 10 anos e a taxa de atualização de 10%. Assim, pode-se observar que para atingir um valor de DEC menor que 8 horas por ano no período de 4 anos seria necessário R\$ 100.000.000,00 de valor presente de investimentos em um horizonte de 10 anos.

Tabela 9: Relação entre Investimento e Qualidade da Energia medida em DEC

Evolução dos DEC para um dado investimento			
Investimento	Ano		
	1	4	10
R\$ 70.000,00	13,98	13,08	12,23
R\$ 75.000,00	13,28	11,88	10,75
R\$ 80.000,00	12,65	10,86	9,54
R\$ 85.000,00	12,09	9,97	8,52
R\$ 90.000,00	11,58	9,21	7,66
R\$ 95.000,00	11,12	8,54	6,93
R\$ 100.000,00	10,70	7,95	6,30
R\$ 105.000,00	10,32	7,42	5,75
R\$ 110.000,00	9,96	6,95	5,27
R\$ 115.000,00	9,64	6,53	4,85
R\$ 120.000,00	9,33	6,16	4,48
R\$ 125.000,00	9,05	5,82	4,16

4.2.6. Obras

Para o sistema simulado, a resposta do SISPAI pode ser resumida pelo conjunto de obras relativas às alterações na rede. A Figura 14 ilustra as obras propostas pelo SISPAI de maneira agregada. Esta simulação adotou os parâmetros dados pela Tabela 10. Há um grande número de troncos alimentadores com tecnologia spacer propostos, além de um grande número de desdobramentos de alimentadores. Foram criadas 6 novas subestações ao longo de 10 anos, contando com um total de 19 novos alimentadores nestas subestações. Uma consequência direta destas obras é a diminuição do DEC e do FEC global do sistema.

O uso intensivo de reguladores de tensão nos dois primeiros anos foi devido à necessidade de adequação aos critérios de tensão mais conservativos do que os regulamentados pelo PRODIST, além do fato que alguns alimentadores apresentavam quedas de tensão no primeiro ano de planejamento próximas deste valor limite. Deve-se salientar também que alguns alimentadores têm fator de potência baixo, o que contribui mais para as quedas de tensão. Nos anos seguintes houve diminuição de proposição de instalação de reguladores, pois obras como desdobramentos e trocas de troncos de alimentadores para tecnologia *spacer* (mais robustos e com menores quedas de tensão normalmente) reduzem bastante a necessidade de instalação de reguladores adicionais.

Tabela 10: Valores utilizados na Simulação – variação sobre o caso base

Parâmetros Variados		
TRI	END	Perdas\$
5	10	150

Relatório de Obras Realizadas							
Cenário :	[tju/tcre/tcun/orc]	0/0/0/ 1					
FM Tax.Juros	Probabilidade	FM Tax.Cresc	Probab.	FM	Probab.		
1	100	1	100	1	100		
Juro Anual :	=> 10%						
Ano	Desdobramento Alimentador	Recondut.	Spacer	Regulador Tensão	Trafo	Nova SE	Alimentador em SE Nova
1	2	0	2	13	0	0	0
2	8	0	111	13	0	0	0
3	11	0	22	0	0	0	0
4	8	0	0	0	0	1	3
5	0	0	6	0	0	0	0
6	8	0	2	1	0	0	0
7	4	0	1	0	0	2	7
8	10	0	10	1	0	1	3
9	12	0	4	0	0	2	6
10	4	0	5	1	0	0	0
Total	67	0	163	29	0	6	19
							Valor Presente :

Figura 14: Obras Propostas pelo SISPAI para uma simulação

Algumas obras trazem benefícios de vários aspectos. Por exemplo, quando se aumenta o custo social da energia não distribuída, aumenta-se a proposição de alimentadores com tecnologia compacta e, no caso da Eletropaulo, as perdas técnicas percentuais do tendem a diminuir. Justifica-se: no ano inicial a maioria dos alimentadores é de padrão convencional com cabos dos troncos de 336 MCM e, quando são alterados para rede tipo *spacer*, o diâmetro do cabo é equivalente ao cabo 556 MCM, de acordo com o padrão da Eletropaulo, representando uma redução de cerca de 40% nas perdas de energia no tronco (devido ao aumento da área de alumínio). As perdas no tronco são cerca de 1% da energia total consumida.

Além disso, eventuais multas por ultrapassagem dos limites técnicos estabelecidos pelo Órgão Regulador, conforme Resolução Aneel 024/2000 e mantidos no PRODIST, tendem a ser menores em decorrências de obras motivadas para a melhoria da qualidade de continuidade do fornecimento de energia.

4.2.7. Efeitos das Obras de Expansão na Qualidade da Energia

Algumas obras feitas para o atendimento de critérios técnicos e para a expansão impactam positivamente a qualidade de energia. Um exemplo desse impacto pode ser observado através das obras de desdobramento de alimentadores, para a qual uma área antes atendida por um alimentador passa a ser atendida por dois alimentadores, praticamente duplicando o tamanho dos troncos de alimentadores que atendem essa região.

Ao se quantificar através do modelo SISPAI o impacto dos desdobramentos, verifica-se que a diminuição da END é de cerca de 30% em cada alimentador desdobrado. Acrescentando-se a esta análise a proporção de 200 alimentadores iniciais e de 67 alimentadores desdobrados tem-se que o impacto da realização de desdobramentos na redução da END é de cerca de 10% (conseqüentemente do DEC). Além do desdobramento outras obras também impactam positivamente a qualidade da energia.

A redução dos valores de DEC e FEC nas simulações realizadas com valores de custo da END próximos a zero é portanto justificada. A Tabela 11 apresenta os resultados para a área estudada, em investimentos e DEC. Para investimentos de 70 milhões de Reais o valor do C_{END} é desprezível e não há investimentos diretos em qualidade de energia, mesmo assim os valores de DEC caem de cerca de 16 horas, ano zero, para 13,08 horas em 4 anos de expansão otimizada da rede. Esta melhoria não foi impulsionada por investimentos diretos em qualidade, sendo um resultado secundário da expansão da rede.

Evolução dos DEC para um dado investimento			
	Ano		
Investimento	1	4	10
R\$ 70.000,00	13,98	13,08	12,23
R\$ 75.000,00	13,28	11,88	10,75

Tabela 11: Resultados da Simulação para a Área Estudada – Exceto

A relação entre investimentos para expansão na rede e investimentos para melhoria da qualidade é um assunto que necessita ser mais bem pesquisado, e tem relevância em um ambiente regulatório que separa investimentos em expansão de investimentos em qualidade da energia.

4.3. Impactos dos Investimentos e Análise dos Resultados

Para cálculo dos indicadores de impactos nos investimentos será considerado um custo unitário da energia não distribuída de 10,00 R\$/kWh. Isto se torna necessário pois os indicadores só têm sentido quando proposta uma elevação no nível de qualidade. O valor adotado tem seu sentido esclarecido durante a apresentação dos resultados.

4.3.1. Valor Médio de Acréscimo de Custo ao MWh Fornecido Devido a Melhoria de Qualidade

Uma forma de se mensurar o impacto econômico devido aos investimentos em qualidade é através da Variação do Custo Anual por MWh fornecido. Para esse cálculo é considerada a variação de investimentos ocasionada pela melhoria dos índices de qualidade sobre a energia consumida no período.

A variação do custo anual é obtida subtraindo o valor presente dos investimentos totais no cenário de melhoria de qualidade do valor presente dos investimentos necessários, considerado como cenário base, o qual atende apenas

os critérios de carregamento e tensão. Outro valor necessário é o de energia consumida no período de análise, de forma que todo o investimento seja pago através de um acréscimo marginal no valor da energia. Esse valor é obtido trazendo a valor presente toda a energia consumida no horizonte de simulação, considerando a mesma taxa de atualização utilizada para o cálculo do VPL dos investimentos.

A energia fornecida pela Regional Oeste às redes MT e BT foi calculada através da soma das energias calculadas em cada alimentador e da previsão de aumento de carga da concessionária, com dados de demanda do ano de 2005, ano de referência dos dados consolidados da rede de distribuição utilizada no SISPAI, conforme Tabela 12.

Tabela 12: Consumo de Energia Anual na Regional Oeste segundo SISPAI

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Energia total MWh/ano	5.784.660	5.960.856	6.144.092	6.334.684	6.532.961	6.739.271	6.953.974	7.177.452	7.410.101	7.652.337	7.904.597

A energia em valor presente, calculada de forma semelhante ao valor presente dos investimentos, para taxas de atualização de 10% e 15% são apresentadas na Tabela 13. Os valores de investimentos são aqueles apresentados para o cenário base e cenário com melhoria de qualidade, conforme Tabela 14.

Tabela 13: Valor Presente da Energia Consumida na Regional Oeste

VALOR PRESENTE DA ENERGIA MWh/ano	
10%	15%
41.260.995,30	33.336.384,90

Tabela 14: Investimentos necessários para os cenários de base e de melhoria - Variação entre ambos

Valores de Investimento com VPL 10%	
Investimento Necessário	R\$ 72.248.000,00
Com melhorias em qualidade (END=10)	R\$ 102.680.040,00
Diferença	R\$ 30.432.040,00

O valor de custo médio acrescido a cada MWh consumido devido somente aos investimentos adicionais para a melhoria da qualidade de energia calculado pela Equação 1, sem considerar os impostos, encargos e serviços, é de R\$ 0,74.

Equação 1: Valor médio acrescido devido a melhoria da qualidade

$$\text{ValorMédio} = \frac{VP(\text{InvestimentosQualidade}) - VP(\text{InvestimentosNecessários})}{VP(\text{Energia})} [\text{R\$} / \text{MWh}]$$

Anteriormente ao acréscimo de custo devido a melhoria da qualidade de energia há um custo médio de investimentos necessários para atender os critérios técnicos e a expansão da rede. Este valor é de R\$1,75/MWh. Assim o valor total de R\$ 2,49/ MWh contempla tanto a melhoria de qualidade quanto a expansão da rede com atendimento aos critérios técnicos. Os resultados estão expressos na Tabela 15. Não foram levadas em consideração nesta análise as variações nos custos de O&M que poderiam ocorrer devido aos novos padrões da rede (rede compacta), os valores relativos à diminuição de perdas elétricas e os valores da diminuição dos custos de multas e ressarcimentos por não atendimento dos indicadores de continuidade e os níveis de tensão.

Tabela 15: Variação do Custo Médio Anual por MWh fornecido

Custo Médio (R\$/MWh)		
Investimento Necessários	R\$	1,75
Acréscimo devido à qualidade	R\$	0,74
Total	R\$	2,49

A fatura de energia elétrica de um consumidor residencial médio (excluindo os classificados na subclasse de baixa renda) considerando que o consumo médio é de 250kWh/mês a 300kWh/mês está entre 90 e 110R\$/mês (para uma alíquota de ICMS de 25% por dentro). Dessa forma o valor de 0,74 R\$/MWh para a melhoria de

qualidade de energia representa um acréscimo na fatura mensal de energia inferior a R\$ 0,30/mês.

4.3.2. Custo Marginal

Como exercício para a avaliação do impacto de melhoria de qualidade de energia frente aos investimentos feitos pode-se considerar o custo marginal da expansão do sistema de MT. O custo marginal é calculado através da relação entre o custo total de investimento para atender a expansão do mercado e a qualidade de energia do sistema e o montante de capacidade. Assim o custo marginal do sistema variou de 46 [R\$/kW/ano] para 54 [R\$/kW/ano] calculados a valores presentes e considerando o horizonte de 10 anos.

4.3.3. Cálculo do Impacto no Valor Novo de Reposição dos Ativos

O cálculo de ativos pelo Valor Novo de Reposição, VNR, é a valoração dos ativos da concessão considerando seus valores atuais. Para calcular o VNR foi necessário:

- Quantificar e qualificar os ativos;
- Valorar os ativos de acordo com os custos atuais. Neste caso optou-se utilizar os valores declarados pela concessionária e não os valores utilizados pelo Órgão Regulador.

O valor atribuído dos ativos atuais é apresentado na Tabela 16. Neste caso não se aplica a depreciação da rede, pois o que se pretende é valorar o impacto no sistema desconsiderando aspectos contábeis. Assim, considerando para toda a rede o valor novo de reposição há uma idéia real em termos de quantidade de ativos investidos em equipamentos e redes.

Tabela 16: Quantificação dos ativos da rede primária considerando valores novos de reposição no modelo do SISPAI – Regional Oeste

Rede Primária	
Transformações (SE)	R\$ 243.600.000,00
Tronco	R\$ 102.234.144,01
Ramais	R\$ 54.005.040,00
Total	R\$ 399.839.184,01

Os investimentos necessários para a melhoria de qualidade podem ser calculados através da diferença entre o valor de investimento mínimo necessário para garantir os critérios técnicos e o valor de investimento para atingir a qualidade desejada. A diferença entre os dois representa o aumento na base de ativos. A Tabela 17 apresenta a diferença percentual dos valores dos ativos necessários para aumentar a qualidade da energia: 7,6%, quando considerado o investimento adicional ao mínimo necessário.

Tabela 17: Impactos nos Ativos devido às obras necessárias e às obras de melhoria

Regional Oeste	
Base de Remuneração Total	R\$ 399.839.184,01
Valores de investimento com VPL 10%	
Investimento mínimo	R\$ 72.248.000,00
Com melhorias em qualidade	R\$ 102.680.040,00
Diferença	R\$ 30.432.040,00
Diferenças percentuais	
Mínimo	18,1%
Qualidade	25,7%
Diferença	7,6%

4.3.4. Discussão dos Resultados do Estudo de Caso

Uma comparação sucinta entre os montantes de Investimentos e a melhoria de qualidade, representada pelos indicadores DEC e FEC, pode ser estimada utilizando os relatórios de resultados do SISPAI. A Tabela 18 apresenta a evolução do DEC para diferentes anos do horizonte de planejamento e para diferentes valores presentes dos investimentos.

A Tabela 18 apresenta as evoluções do indicador DEC, obtidas por regressões a partir de considerável número de resultados do SISPAI e objetiva análises de tendência de evolução dos indicadores em função do orçamento. Assim para um valor presente de orçamento de 70 milhões de Reais, ao final do ano horizonte – décimo ano - o DEC da rede resultará em 12,23 h/ano. Aumentando-se o valor dos investimentos obtêm-se os valores de DEC para o ano horizonte abaixo das 5 h/ano. Nesta situação, o valor presente resultou superior a 115 milhões de Reais.

Observa-se ainda da Tabela 18 que as reduções dos valores de DEC para aumentos de valores presentes de orçamento vão se reduzindo, tendendo a uma saturação. Por exemplo, para um aumento de valor presente de R\$ 70 para R\$ 75 milhões de Reais a redução do DEC foi de 1,48h/ano, enquanto que para um aumento de valor presente de R\$ 120 para R\$ 125 milhões a redução do DEC foi de apenas 0,32h/ano.

Tabela 18: Relação entre valores presentes dos Investimentos e qualidade de energia medida através do DEC (em horas/Ano)

Evolução dos DEC para um dado investimento			
Investimento	Ano		
	1	4	10
R\$ 70.000,00	13,98	13,08	12,23
R\$ 75.000,00	13,28	11,88	10,75
R\$ 80.000,00	12,65	10,86	9,54
R\$ 85.000,00	12,09	9,97	8,52
R\$ 90.000,00	11,58	9,21	7,66
R\$ 95.000,00	11,12	8,54	6,93
R\$ 100.000,00	10,70	7,95	6,30
R\$ 105.000,00	10,32	7,42	5,75
R\$ 110.000,00	9,96	6,95	5,27
R\$ 115.000,00	9,64	6,53	4,85
R\$ 120.000,00	9,33	6,16	4,48
R\$ 125.000,00	9,05	5,82	4,16

No estudo de caso, as obras propostas pelo *software* SISPAI para atender a expansão do sistema e atingir menores valores dos índices de continuidade apresentaram um padrão de comportamento. Há um grande número de troncos alimentadores com tecnologia *spacer* propostos, além de um grande número de desdobramentos de alimentadores. Foram propostas também novas subestações ao longo do horizonte de planejamento. No primeiro ano houve necessidade da inserção massiva de reguladores de tensão para a melhoria dos níveis de tensão da rede.

Dois indicadores foram propostos para expressar os impactos orçamentários da melhoria da qualidade da rede. Um dos indicadores, denominado de “Valor Médio de Acréscimo de Custo ao MWh Fornecido Devido à Melhoria de Qualidade”, retrata a variação de investimentos adicionais necessários para a melhoria dos índices de qualidade considerando toda a energia consumida no período de análise. Um segundo indicador proposto para expressar o impacto orçamentário foi o “Impacto no Valor Novo de Reposição (VNR) dos Ativos”, que mede a variação no VNR dos ativos da rede estudada (composta pelas subestações de distribuição e rede primária) devido ao acréscimo de obras para a melhoria da qualidade no fornecimento de energia. Também foi apresentado o custo marginal da expansão da rede considerando os investimentos em qualidade, para poder ser comparado com os valores típicos de custo marginal já empregado pela concessionária.

Observa-se que a quantificação do impacto tarifário é uma análise complexa fora do escopo deste estudo, pois para uma avaliação acurada deve-se levar em consideração todos os fatores influentes das novas obras como: investimentos; custos operacionais - que normalmente aumentam com a quantidade de ativos, mas podem sofrer reduções em função das características de novos padrões de ativos

(p.e. tecnologia “*spacer cable*”); redução das perdas técnicas e comerciais; variação das penalidades por atendimento com tensão inadequada ou com indicadores de qualidade infringindo os limites regulados. Assim, optou-se por analisar o impacto orçamentário através dos dois indicadores propostos.

A variação no VNR dos ativos da rede objeto de estudo foi de 7,6%, resultando em uma melhora do índice DEC no ano horizonte de 9,77h/ano para 5,67h/ano. O acréscimo no custo do MWh fornecido foi de 0,74 R\$/MWh.

4.4. Fixando metas de qualidade a partir dos Resultados

4.4.1. Uso do Custo Social da Energia Não Distribuída

Para esta finalidade basta aplicar diretamente a metodologia SISPAI utilizando o valor regulatório do custo da END, que deverá ser obtido em pesquisa de opinião. Para melhor visualização da proposta será realizado a definição de metas através da comparação com as equações resultantes dos resultados do SISPAI.

Os procedimentos para determinação dos níveis de investimento e qualidade coletivos são:

1. Escolha da área para definição das metas de DEC e FEC
2. Pesquisa do custo social unitário da energia não distribuída
3. Aplicação do SISPAI com o custo social da energia não distribuída (Cend)
4. Determinação do Investimento adequado, segundo os padrões do SISPAI
5. Determinação da curva de decaimento de DEC e FEC adequados para o nível de investimentos.

Os resultados da simulação são diretos. Dada uma área, sua rede e seu C_{end} , simulam-se os dados no SISPAl, resultando no investimento adequado e nos valores de DEC e FEC. O estudo de caso pode demonstrar esta aplicação.

O custo unitário da END foi de 3,50 R\$/kWh, definido utilizando dados de pesquisas nacionais e internacionais, inclusive para o Estado de São Paulo, conforme apresentado no capítulo 3. Como comparativo, o atual custo do déficit, patamar único para o Brasil, está em R\$ R\$2.900,00/MWh [44].

Curva C_{end} versus Investimentos foi obtida através do SISPAl, representada na equação (1), com C_{end} em R\$/kWh. Com investimentos iniciais em expansão da rede de R\$ 72.000.000,00.

$$Investimentos_{Totais} = 75612 * C_{end}^{0,1146} [MilharesR\$] \quad (1)$$

$$Investimentos_{Qualidade} = Investimentos_{Totais} - Investimentos_{Expansão} \quad (2)$$

Assim, para um C_{end} de 3,5 R\$/kWh, obtém-se o valor de $Investimentos_{Qualidade} = R\$15.285.262,74$.

A partir dos valores de investimentos em expansão da rede e qualidade estipula-se as metas de qualidade baseando nos padrões ótimos a serem alcançados, conforme o resultados do SISPAl, Tabela 18. As metas para a área em estudo estão representadas sucintamente na Tabela 19. O DEC inicial é de cerca de 16h/ano. Estas simulações não fizeram restrição nos investimentos do ano inicial.

Tabela 19: Resultado da Definição das Metas de DEC (h/ano)

Investimento (em milhares de Reais)	DEC (h/ano) para cada determinado Ano		
	Ano 1 (h/ano)	Ano 4 (h/ano)	Ano 10 (h/ano)
R\$ 87.285,26	11,85	9,61	8,11

4.4.2. Uso da DAP/DAR para definição dos padrões de qualidade

Nas pesquisas DAP e DAR para melhoria da qualidade de energia foi utilizado um cenário propondo a redução do DEC e FEC da região para valores similares aos melhores índices obtidos na concessionária. A escolha do cenário deve ser condizente com a percepção do consumidor e com as possibilidades de melhoria na rede, sendo portanto o cenário adotado factível. Dessa forma o valor contingente para a melhoria da qualidade obtido nas respostas DAP/DAR são referentes aos cenários propostos, não representando diretamente um valor do custo da energia não distribuída.

Através do uso de pesquisa DAP/ DAR é possível constatar se os clientes, principalmente os residenciais, estão dispostos a pagar por uma determinada melhoria na continuidade e se o valor contingente da qualidade da energia é compatível com os investimentos necessários para atender o cenário de melhoria de qualidade.

Para se estabelecer uma relação entre o valor obtido na DAP/DAR e os índices de qualidade propostos através do cenário adota-se os seguintes procedimentos:

- Escolha da área a ser pesquisada;
- Determinação do Cenário de melhoria de qualidade;
- Levantamento da Disposição a pagar pela melhoria de qualidade proposta no cenário;
- Cálculo do valor de investimento necessário para se alcançar o cenário proposto – Aplicação do SISPAI;

- Comparação entre os resultados da pesquisa DAP/DAR com os valores de investimento.

O Cenário de melhoria da qualidade foi estabelecido por conjunto pesquisado, de forma que ao cliente residencial consultado era oferecida uma redução nos valores de DEC e FEC, compatíveis com os melhores valores obtidos pela concessionária, sendo o valor de DEC de 8 horas por ano e o valor de FEC de 4 vezes por ano.

O cálculo do valor de investimentos necessários foi realizado através do SISPAI. O valor do investimento necessário deve ser estabelecido em dois passos:

1. Definição dos valores de DEC ou FEC compatíveis com o cenário proposto.
2. Cálculo do valor de investimentos necessários

Considera-se que o tempo de realização do cenário proposto é equivalente a uma revisão tarifária. Considera-se ainda que o cenário proposto é compatível com o plano de investimento de longo prazo, dado pelo horizonte de planejamento utilizado, 10 anos. Assim, através da *Tabela 7: Valores anuais de DEC (horas/ano) para diferentes valores de custo social unitário da END (R\$/kWh)* e da *Tabela 8: Valores anuais de FEC (interrupções/ano) diferentes valores de custo social unitário da END (R\$/kWh)*, estabelece-se que o Custo Social Unitário da END compatível com o cenário proposto é de R\$10,00/MWh. Com a *Tabela 18: Relação entre valores presentes dos Investimentos e qualidade de energia medida através do DEC (em horas/Ano)* estabelece-se o nível de investimento total adequado de R\$102.680.040,00 com investimentos em qualidade de R\$ 30.432.040,00, conforme apresentado na *Tabela 14: Investimentos necessários para os cenários de base e de melhoria - Variação entre ambos*.

A) Caso somente uma parcela dos consumidores que esteja disposta a pagar pela melhoria da qualidade arque com os custos

Caso o Órgão Regulador permita o oferecimento do serviço diferenciado de melhoria da qualidade e apenas uma parcela da população esteja disposta a pagar pelas obras de melhoria, pode-se analisar se apenas esta população que está disposta a pagar (valores obtidos pela pesquisa DAP) é capaz de arcar com as despesas da melhoria para todo o conjunto considerado.

Aplicando esta possibilidade para o estudo realizado na Regional Oeste tem-se o quadro expresso na Tabela 20. O valor da DAP média mensal por consumidor é de R\$2,18/mês. Os valores apresentados estão sem impostos. O custo para cada um dos clientes que optaram pagar pela melhoria de qualidade, em valor presente líquido (10 anos, 10%a.a), é de R\$ 160,45.

Tabela 20: Quadro para a Proposta de Apenas uma Parcela da População pagar pelo Serviço

Lado do Consumidor	
Consumidores Residenciais	700.000
DAP mensal por consumidor	R\$ 2,18
DAP total (VPL, 10 anos, 10%a.a.)	R\$ 182.784.000,00
Consumidores Dispostos a pagar	25%
DAP total dos 25% dispostos	R\$ 45.696.000,00
Lado da Concessionária	
Valor do Investimento (VPL, 10 anos, 10%a.a.)	R\$ 30.000.000,00

Observa-se então que esta melhoria de qualidade apresenta viabilidade técnica e econômica, necessitando possivelmente de uma maior abertura regulatória.

Este resultado conjuga o menor valor da disposição a pagar com a escolha de uma parcela da população disposta a pagar, ou seja, seria a pior possibilidade possível para representação do custo da qualidade, pois o resultado da DAP já

considera que apenas uma parcela da população vai arcar com os custos. Mesmo nesta condição o valor da disposição a pagar da sociedade é maior que os custos da concessionária para arcar com os investimentos em melhoria da qualidade.

B) Caso toda a população da área pague pela melhoria da qualidade através de tarifas

Através da análise de um resultado de consenso obtido na pesquisa de DAP/DAR, o Órgão Regulador permite o oferecimento do serviço diferenciado de melhoria da qualidade para toda uma determinada área, reconhecendo o investimento em melhoria de qualidade como prudente, repassando portanto para a tarifa o custo da melhoria da qualidade.

Algumas hipóteses podem ser formuladas neste caso:

a) A população está disposta a pagar o valor da DAP média mensal, conforme quadro apresentado na Tabela 21;

b) A População paga o valor da DAP na qual há consenso (mais de 50% optam por pagar pela melhoria). No caso da pesquisa DAP realizada não houve consenso para nenhum valor proposto na eliciação. Dessa forma, utilizou-se um cenário com valores alternativos, conforme Tabela 22.

Os valores de investimentos para a concessionária são os mesmos apresentados na Tabela 20.

A escolha dos valores utilizados na pesquisa de eliciação pode ser melhorada se forem utilizados valores próximos aos necessários para realizar os investimentos em melhoria.

Tabela 21: População disposta a pagar o valor obtido através da pesquisa

Lado do Consumidor	
Consumidores Residenciais	700.000
DAP mensal por consumidor	R\$ 2,18
DAP total (VPL, 10 anos, 10%a.a.)	R\$ 182.784.000,00

Tabela 22: Análise de valores alternativos de DAP para toda a população

DAP individual	VPL 10 anos
R\$ 0,10	R\$ 5.161.436,37
R\$ 0,30	R\$ 15.484.309,11
R\$ 0,50	R\$ 25.807.181,84
R\$ 0,70	R\$ 36.130.054,58
R\$ 1,00	R\$ 51.614.363,69

4.4.3. Relação entre DAP e Custo da END

A avaliação dos investimentos e a obtenção pelo modelo SISPAI da rede otimizada exigem a definição pré-análise do custo social da energia interrompida. Este valor normalmente se encontra na faixa de 10 a 50 vezes a tarifa de fornecimento em função dos custos de qualidade diretos (materiais) e indiretos (externalidades, percepção do consumidor, perda de lazer).

Os resultados da pesquisa de disposição a pagar (DAP) através do método de avaliação contingente (MAC) representam a valoração dos consumidores em relação a um bem, descrito em um cenário. No caso da qualidade da energia, a melhoria não é percebida somente em termos de valor da energia não distribuída, mas também em relação a todos os aspectos da qualidade de energia e de atendimento ao consumidor em caso de falhas ou interrupções. Nota-se ainda que uma pesquisa DAP/DAR bem sucedida visa obter a valoração do serviço em função de dados estatísticos dos consumidores, tais como faixa etária, escolaridade, renda, consumo de energia, etc.

A apresentação do cenário é outro ponto importante. Cenários diferentes tendem a resultar em disposições a pagar diferentes.

Por fim, quando o consumidor opta pela melhoria do serviço, ele opta por horas a mais de fornecimento de energia, mas não sabe ao certo qual será o consumo, de forma que a DAP/DAR está relacionada com a frequência e duração

das interrupções enquanto que o C_{END} é relacionado com a energia que não foi consumida.

Apesar de haver correlação entre o CEND e a DAP não foi objeto de estudo obter esta relação.

4.4.4. Possibilidade de aplicação para serviços diferenciados

Na atual regulação, há muito pouco espaço para tarifas diferenciadas, respeitando a obrigatoriedade da isonomia entre clientes. Dentro deste trabalho, pode-se estabelecer algumas possíveis formas para a aplicação do serviço diferenciado, através de diferentes desenhos regulatórios.

Primeiramente, o órgão regulador poderia fazer uso deste tipo de pesquisa de percepção do valor econômico da qualidade de energia para aferir a qualidade de fornecimento desejada pelos consumidores de uma área da concessão. Até o momento, o órgão regulador tem exigido uma melhoria de qualidade em função do aumento de produtividade, porém quando isso não for mais viável, devem ser feitos investimentos caso se almeje melhorar ainda mais a qualidade.

Outra possibilidade seria permitir uma segregação do mercado e aplicar esta melhoria de índices apenas em regiões de maior viabilidade de pagamento. Na regulamentação atual isto pode ser feito através de contratos bilaterais. Neste caso os serviços diferenciados devem ser de opção livre dos clientes e podem ser oferecidos pela concessionária de maneiras diferentes para os clientes do Grupo A e para os demais clientes.

CAPÍTULO 5 - ANÁLISE DA MELHOR TARIFA OTIMIZADA – TAROT

5.1. Introdução

No mercado de distribuição de energia elétrica os consumidores desejam receber o melhor serviço com os menores custos, já as distribuidoras visam obter o maior retorno econômico possível. Ambos pretendem que o mercado continue funcionando de modo sustentável. Cabe ao órgão regulador setorial ponderar entre os anseios dos lados conflitantes e definir metas que mantenham o interesse público de concessão da distribuição da energia elétrica.

Entretanto, como foi apresentado nessa dissertação, o estabelecimento dos padrões adequados de tarifas e qualidade de energia elétrica é um assunto complexo. O agente regulador, no Brasil assim como em diversos outros países do mundo, busca ou desenvolve metodologias para estabelecer o valor da tarifa e a qualidade do fornecimento de energia da distribuidora adequados, utilizando das revisões tarifárias periódicas. O modelo atual de revisão tarifária no Brasil visa identificar os custos eficientes da concessionária para determinar a tarifa média adequada que mantenha o equilíbrio financeiro da concessão. Para o estabelecimento dos níveis de qualidade utiliza-se, no Brasil, de metodologia baseada em análise comparativa de redes similares (benchmark). Obter a tarifa adequada para os níveis de qualidade de energia desejados pelo consumidor ainda é um tema de fronteira de pesquisa.

Este capítulo apresentará possibilidades para a determinação da qualidade da energia elétrica distribuída pela concessionária e seu nível tarifário adequado, tendo como base os anseios do consumidor e as possibilidades das concessionárias.

5.1.1. Tarifa Otimizada e Planejamento Agregado de Investimentos

Um dos métodos que permite o estudo da relação entre nível tarifário e os diversos custos da concessionária, inclusive os custos da qualidade de energia elétrica, é o TAROT, apresentado no capítulo 2.

O modelo TAROT (acrônimo para Tarifa Otimizada) possibilita a otimização dos investimentos baseado nos custos da distribuidora e no benefício obtido pelo consumidor. Utilizam-se como valores iniciais dados provenientes das revisões tarifárias realizadas pela ANEEL, visando obter o maior benefício social adicionado pelo negócio de distribuição de energia elétrica, de acordo com as atuais premissas regulatórias. Neste método uma degradação da qualidade é modelada como um custo do ponto de vista da sociedade. Para tal é necessário equacionar a relação entre o valor da qualidade de energia para o consumidor e os eventuais custos decorrentes de se adequar a rede e a manutenção, objetivando obter a qualidade de fornecimento de energia desejada.

Outro modelo que possibilita a definição da relação qualidade e investimentos é a metodologia de planejamento agregado de sistemas de distribuição, modelada no software SISPAI, que permite a realização do planejamento de longo prazo de um sistema de distribuição de energia, otimizando conjuntamente os custos operacionais e de obras no longo prazo.

Cada método tem sua particularidade que permite estudar as relações entre qualidade de fornecimento, investimentos e valor da energia. O programa SISPAI possibilita obter a melhor configuração da rede e os custos envolvidos em um horizonte de longo prazo. Neste modelo é possível obter também os níveis ótimos de qualidade de fornecimento, expressos em DEC e FEC, considerando investimentos na rede e em sua operação. Através dos resultados do SISPAI é possível estabelecer relação que expresse a qualidade de energia em função de investimentos na distribuição de energia elétrica.

O Tarot, por sua vez, visa obter a melhor relação econômica entre consumidores e concessionária, mantendo-se o equilíbrio financeiro.

O ponto forte do SISPAI é o planejamento de longo prazo os investimentos na rede e nos custos operacionais. O TAROT foca em avaliar as condições de mercado, do ponto de vista do consumidor e da concessionária, tendo como base os preceitos econômicos da distribuição de energia.

Este capítulo apresenta o modelo dos custos da qualidade do ponto de vista do consumidor e da concessionária, utilizando os dados já otimizados do SISPAI. Estabelece como é possível maximizar o benefício social da distribuição de energia e estuda a relação entre investimentos e valor da energia do ponto de vista do consumidor. É possível através das análises avaliar o impacto tarifário da melhoria de qualidade de fornecimento de energia elétrica.

5.2. Modelo de custos da qualidade para o consumidor

Há diversas formas de se avaliar o custo da interrupção para o consumidor, conforme apresentado no capítulo 3. Uma das formas mais clássicas é através do Custo da Energia não distribuída. Neste caso a fórmula do custo da qualidade (Cq) é dada por:

$$Cq = END.C_{END}$$

onde:

C_{END} = custo social unitário da energia não distribuída [R\$/kWh];

END = Energia Não Distribuída [kWh];

Esta fórmula considera a energia que deixou de ser consumida, mas não considera o número de interrupções, entretanto ambos afetam o valor do custo da interrupção para o consumidor. Como na média há uma relação entre quantidade de interrupções e duração das interrupções pode-se considerar um fator de

proporcionalidade entre a quantidade de interrupções e a duração média, o fator γ (gama).

$$Cq = \gamma \cdot END \cdot C_{END}$$

onde:

γ = fator de proporcionalidade entre quantidade e duração de interrupções.

Caso o valor do Custo da Energia Não Distribuída seja avaliado considerando o número médio de interrupções, o que acontece com frequência, o valor de gama é unitário, ou seja, o valor da energia não distribuída (C_{END}) é obtido para um número esperado de interrupções.

Quando a duração das interrupções é conhecida, dada por DEC , para todo o conjunto da sociedade, pode-se escrever a relação entre o DEC anual e a Energia Não Distribuída (END) a partir da energia total consumida, E [kWh], no período de um ano:

$$END = \frac{DEC \cdot E}{8760}$$

Assim a equação de custo da qualidade resulta em (3):

$$Cq = \frac{\gamma \cdot DEC \cdot C_{END} \cdot E}{8760} \quad (3)$$

onde:

DEC : valor médio do tempo de interrupção no fornecimento de energia elétrica em horas/ano.

8760 : Quantidade de horas em um ano.

Nas simulações do Sispai os valores de DEC anuais variam em função de custos da END , em um cenário de longo prazo. Os valores de DEC obtidos no SISPAL são representativos para este cenário de longo prazo, no entanto há valores diferentes de DEC esperado para cada ano. A simulação pelo método Tarot requer que tanto os investimentos em qualidade quanto os resultados de DEC sejam considerados na mesma escala temporal. Para esta finalidade analisou-se o DEC

representativo do período, denominado DEC médio, DEC_m através do valor presente, conforme apresentado na Figura 15.

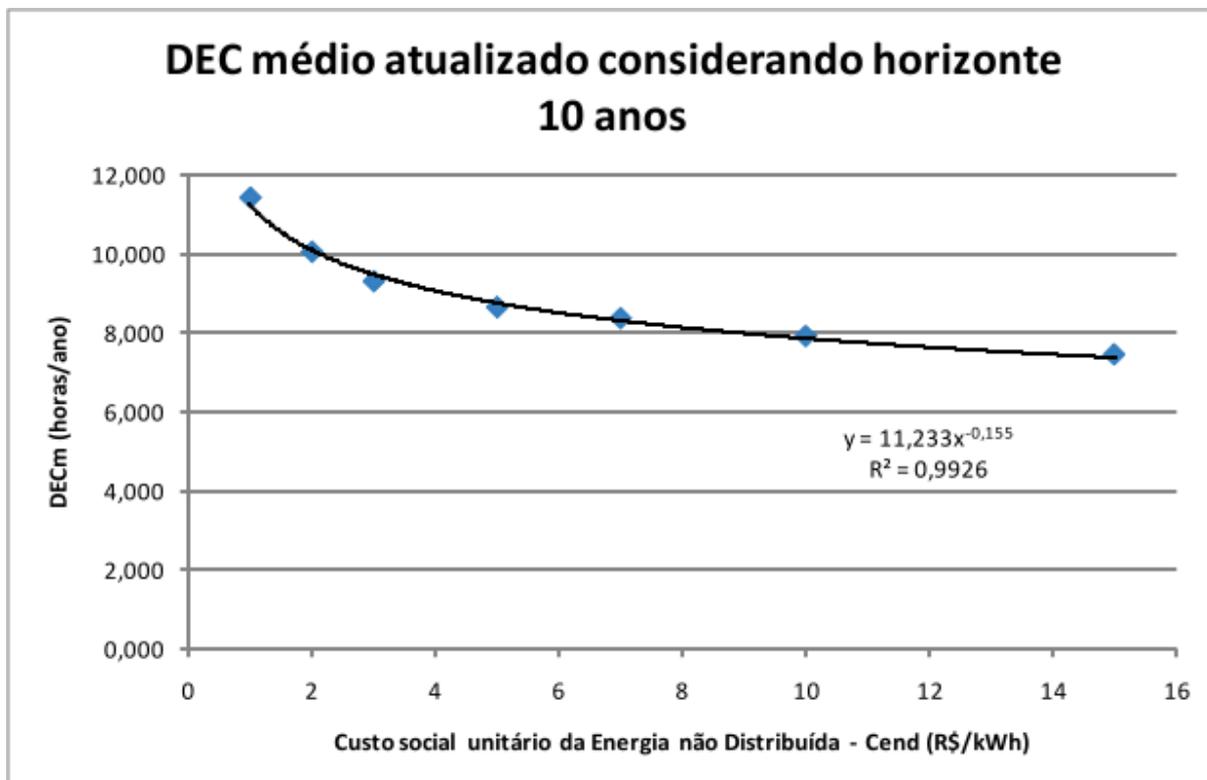


Figura 15: DEC_m - Valor do DEC a valor presente considerando os valores de DEC para cada ano do horizonte de planejamento.

Dessa forma o DEC_m varia somente em função de C_{END} e, de acordo com a função interpoladora para esta relação, a equação do DEC_m fica:

$$DEC_m = 11,233.C_{END}^{-0,155} \quad (4)$$

Substituindo o valor de DEC_m na equação de custo da qualidade para o consumidor obtém-se:

$$C_q = \frac{\gamma \cdot 11,233.C_{END}^{-0,155} \cdot C_{END} \cdot E}{8760}$$

Finalmente estabelece-se a relação

$$C_q = \frac{\gamma \cdot 11,233.C_{END}^{0,845} \cdot E}{8760} \quad (5)$$

O valor obtido através da equação (5) representa o custo da qualidade para o cenário ótimo de investimentos, no qual o valor do custo da energia não distribuída é conhecido.

Este seria o custo da qualidade para o consumidor caso fossem investidos adequadamente os recursos de forma a otimizar o sistema, para cada valor unitário de custo da END.

5.3. Modelo de Custo para a Concessionária

5.3.1. Investimentos em Qualidade de Fornecimento

Função direta dos resultados do SISPAI a relação entre investimentos e C_{END} foi estabelecida no capítulo 4 para a região em estudo. Através da variação do C_{END} foram calculados investimentos necessários para garantir a expansão ótima da rede, atendendo os critérios técnicos. O aumento do valor do C_{END} nesse caso induz à diminuição dos valores de DEC e END . A equação para investimentos em função do C_{END} é representada pela equação:

$$I = 75,621.C_{END}^{0,1146} \quad (6)$$

Onde:

I : Investimentos otimizados em 10 anos na rede de distribuição a valor presente [Milhões de Reais];

C_{END} = custo social unitário da energia não distribuída [R\$/kWh];

Esses investimentos na rede de distribuição são justificados para atender a expansão do sistema, o crescimento da carga, os níveis adequados de tensão, otimizar as perdas elétricas e para atender os investimentos em qualidade de acordo com o custo de energia não distribuída. No Sispai qualquer investimento feito na rede se justifica, pois a escolha de obras é baseada na relação Benefício/Custo adequada, onde todos os custos citados são considerados conjuntamente. Neste trabalho a rede foi simulada mantendo-se constante todos os parâmetros exceto

C_{END} . A variação dos investimentos é decorrência do aumento do custo da qualidade. Assim duas componentes nos valores de investimentos são identificadas, Investimentos em Qualidade (Q) e demais investimentos (I_{EXP}).

$$I = Q + I_{EXP}$$

Os investimentos para expansão têm também impacto sobre a qualidade de energia, ou seja, uma parcela dos investimentos em expansão poderia ser imputado ao valor dos investimentos em qualidade de energia. Poucas obras não causam impacto positivo na qualidade do fornecimento, esta parcela entretanto não foi detalhada nas análises desta dissertação.

Dessa forma será utilizado um modelo que considera I_{EXP} constante. Em uma condição na qual não há investimentos em qualidade, todos os valores de investimentos são destinados à expansão e adequação da rede - I_{EXP} . No capítulo 4 este valor foi estimado em R\$72.248.000,00 em 10 anos a valor presente. A equação de investimento em qualidade fica:

$$Q = I - I_{EXP}$$

$$Q = 75,621.C_{END}^{0,1146} - 72,248 \quad (7)$$

Onde Q é o investimento em qualidade para os 10 anos, considerados a valor presente pela taxa WACC. Na equação Q está em milhões de Reais. Estes resultados também foram apresentados no capítulo 4.

5.4. Relação entre Investimentos e Qualidade de Fornecimento

As equações já apresentadas neste capítulo permitem evidenciar o valor ou custo da qualidade de energia para o consumidor e para a concessionária. Para o consumidor o custo da qualidade C_q pode ser expresso pela equação (3) e pode-se escrever o valor do DEC otimizado, DEC_m , através da equação (4).

$$C_q = \frac{\gamma \cdot DEC \cdot C_{END} \cdot E}{8760} \quad (3)$$

$$DEC_m = 11,233.C_{END}^{-0,155} \quad (4)$$

Para a concessionária, o valor de investimento, Q , para atender o padrão de tempo de interrupções ótimas é representado na equação (7). Esse é o custo da concessionária pois um de investimento maior que Q não se justifica pelo custo social da energia não distribuída, e um valor de investimento menor não é eficiente para a sociedade como um todo.

$$Q = 75,621.C_{END}^{0,1146} - 72,248 \quad (7)$$

A equação (3) representa o custo do consumidor e a equação (7) o custo para a concessionária, ambos em função do custo da energia não distribuída, C_{END} . Sendo C_{END} igual para ambos os envolvidos, pode-se reescrever as equações, evidenciando C_{END} . Dessa forma o valor do custo da energia não distribuída em função dos investimentos na rede fica expresso através da equação (8).

$$C_{END} = \left(\frac{Q + 72,248}{75,621} \right)^{\frac{1}{0,1161}} \quad (8)$$

Pode-se também reescrever a equação do DEC médio em função dos investimentos, através do custo da energia não distribuída (9). A importância dessa equação, resultante de simulações no SISPAI, é a possibilidade de relacionar a acréscimo de investimentos em qualidade de energia e o indicador de qualidade DEC, do ponto de vista econômico.

$$DEC_m = 11,233 \left(\frac{Q + 72,248}{75,621} \right)^{\frac{-0,155}{0,1161}} \quad (9)$$

Por fim escreve-se o valor do custo da qualidade em função dos investimentos na rede, representando assim o valor esperado de prejuízo à sociedade em relação aos investimentos em rede distribuição (10), com E em kWh, C_q em Reais e Q em milhões de Reais. Didaticamente retoma-se a expressão de C_q e substitui-se DEC_m e C_{END} .

$$C_q = \frac{\gamma.C_{END}.E}{8760} DEC_m$$

$$Cq = \frac{\gamma \cdot E}{8760} \cdot C_{END} \cdot 11,233 \cdot \left(\frac{Q + 72,248}{75,621}\right)^{\frac{-0,155}{0,1161}}$$

$$Cq = \frac{\gamma \cdot E}{8760} \cdot \left(\frac{Q + 72,248}{75,621}\right)^{\frac{1}{0,1161}} \cdot 11,233 \cdot \left(\frac{Q + 72,248}{75,621}\right)^{\frac{-0,155}{0,1161}}$$

$$Cq = \frac{\gamma \cdot 11,233 \cdot 10^6 \cdot E}{8760} \cdot \left(\frac{Q + 72,248}{75,621}\right)^{7,373472949} \quad (10)$$

Através da relação (10) é possível calcular o valor esperado do custo da qualidade para os consumidores com base nos investimentos da concessionária em redes de distribuição, incluindo as subestações, os ramais de subtransmissão e as medidas de manutenção, atualizadas no mesmo horizonte de investimentos. A análise qualitativa da equação em função de Q indica que o custo da qualidade de energia será sempre crescente, independente do valor de investimentos em qualidade feito. O valor total do custo da qualidade anual para a região estudada é apresentado no gráfico da Figura 16. A área estudada tem um consumo de 5.784.660 MWh anuais, cerca de 18% do consumo de toda a concessionária.



Figura 16: Custo da qualidade para a região estudada em função dos investimentos em melhoria da qualidade de fornecimento

O crescimento do custo da qualidade neste caso é decorrente do aumento do valor do custo da energia não distribuída (C_{END}). Este é o melhor resultado possível de redução dos custos da qualidade – prejuízos à sociedade - em relação aos investimentos feitos. É evidente que a ordem de grandeza dos investimentos previstos nos dez anos de estudo é inferior à dos custos decorrentes de prejuízos com interrupções de energia, indicando que para custos de END crescentes há necessidade de alteração de padrões de rede, que visem menores valores de DEC e FEC.

Uma vez definido o custo social da END (C_{END}) que representa os anseios da sociedade e que deveria ser um valor regulado, os resultados obtidos pelo SISPAI calculam as obras mínimas necessárias, o valor presente dos investimentos, os custos de perda, o custo social da energia não distribuída, e o custo da qualidade de tensão.

5.5. Tarot

5.5.1. Modelo de Regulação Econômica do setor energético Brasileiro

Para manter o equilíbrio econômico entre distribuidora de energia elétrica e consumidores a agência reguladora se utiliza de revisões tarifárias. Essas revisões têm como premissa a manutenção da menor tarifa possível sem deteriorar o valor econômico da concessionária. A qualidade da energia é regulada por outros princípios, tendo como intuito seguir os melhores padrões de desempenho entre redes semelhantes. Do ponto de vista econômico o equilíbrio tarifário é estabelecido fazendo com que o excedente da concessionária seja igual a zero, para um consumo de energia previsto e uma tarifa determinada. A Figura 17 exhibe as principais componentes econômicas da distribuição de energia elétrica.

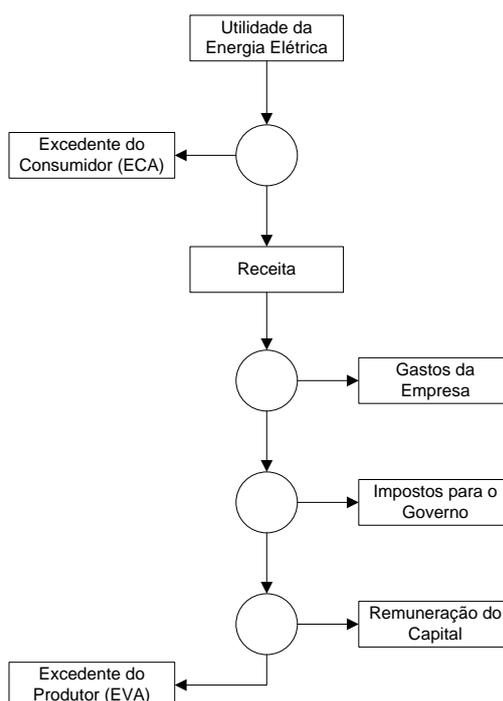


Figura 17: Modelo Econômico entre Distribuidora e Consumidor

5.5.2. Modelo de Otimização

Para a otimização do sistema baseado na proposta o modelo TAROT propõe o uso de equações e valores representativos do mercado de distribuição de energia . A Figura 18 resume este equacionamento.

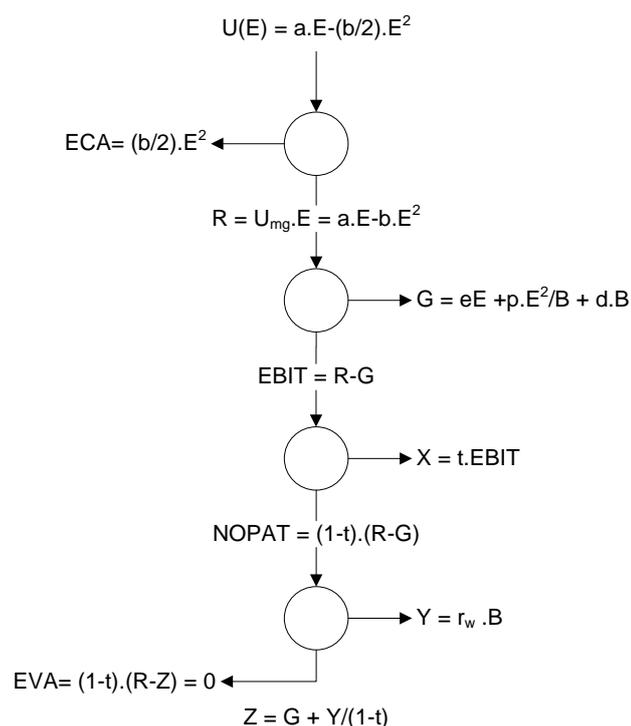


Figura 18: Diagrama do Modelo TAROT com as equações

Onde:

$U(E)$ - Utilidade da Energia Elétrica.

E – Energia Elétrica fornecida

a – Avidez pela Utilidade

b – Saciedade

R – Receita auferida pela venda de energia elétrica

ECA – Excedente do Consumidor

EVA – Excedente da Distribuidora

B – Base de Remuneração Líquida

G – Gastos da Concessionária

e – constante de gastos proporcionais ao consumo de energia elétrica

p – constante relativa às perdas elétricas

d – depreciação do capital

X – Taxas e Impostos (IRPJ)

Y – Remuneração do capital

r_w – Taxa de remuneração do capital (WACC)

Os valores da utilidade de energia, do excedente do consumidor, dos custos da concessionária, da remuneração do capital e dos impostos podem ser obtidos através das informações contidas na Revisão tarifária, como é apresentado no

ANEXO 1, que traz um exemplo prático da obtenção dos valores do modelo TAROT para a AES Eletropaulo.

O fundamento do modelo atual para o mercado de distribuição de energia é maximizar o benefício social. Há dois agentes nesse mercado: consumidores e distribuidora e o benefício social total é a soma do benefício obtido pelo consumidor mais o benefício obtido pela distribuidora. O Tarot mantém essa diretriz na otimização do sistema, acrescentando funções para representar os custos da concessionária. Os gastos com governo são considerados como custos no modelo Tarot.

$$EWA = ECA + EVA$$

Onde:

EWA: Benefício Social Total

ECA: Excedente do Consumidor

EVA: Excedente da Distribuidora

A condição de equilíbrio do mercado é que a distribuidora não tenha prejuízo decorrente do correto funcionamento, neste caso seu excedente não pode ser negativo:

$$EVA \geq 0$$

Equações de benefícios e de custos foram acrescentadas conforme apresentado no capítulo 2. Através dessas equações do Tarot é possível descrever as funções de excedente do consumidor e da distribuidora:

$$ECA = \frac{b.E^2}{2} \tag{11}$$

$$EVA = (1-t).(E(a-e) - E^2(b + \frac{P}{B}) - d(B+Q) - Cq) - r_w(B+Q) \tag{12}$$

Neste termos a maximização representada pelo sistema pode ser escrita por:

$$\text{Max}(EVA)$$

s.a.

$$EWA = ECA + EVA$$

$$EVA \geq 0$$

Este sistema também pode ser maximizado através da minimização dos custos da concessionária mantendo-se o $EVA = 0$. De fato este é o modelo pretendido pelo agente regulador, embora ainda não sejam utilizadas funções de custos para as empresas. Na otimização a variação dos excedentes do consumidor e da distribuidora acontecem por estabelecimento de padrões mais adequados de consumo (E), de investimentos na rede (B) e em qualidade de energia (Q)[45].

5.5.3. Otimização sem Considerar a Qualidade

Foi realizada uma análise com o modelo Tarot cujo os dados e resultados estão detalhados na Figura 19. Esses são os dados relativos à revisão tarifária.

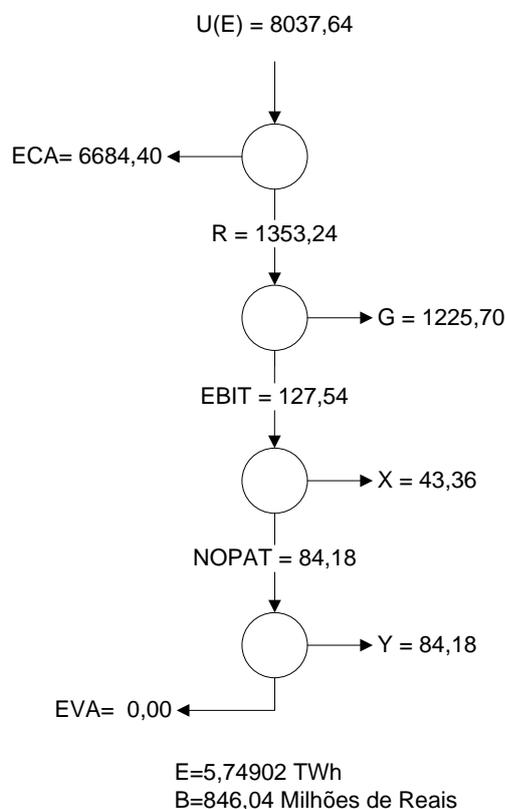


Figura 19: Aplicação da Análise Inicial para o Modelo Tarot (sem Otimização) no Momento da Revisão Tarifária- Regional Oeste – Valores em Milhões de Reais

A aplicação do Tarot na área em estudo permite avaliar as condições esperadas da rede e do consumo de energia caso o mercado gerasse o maior benefício social possível. Esta otimização indica uma redução dos custos totais da empresa (gastos relacionados com a atividade, impostos e remuneração do capital), de forma a maximizar o benefício social mantendo as condições de sustentabilidade econômica do negócio, no caso fazendo $EVA=0$, há a maximização do benefício social com redução da tarifa média. Os resultados estão apresentados no diagrama da Figura 20. A tarifa média, que sem otimização era de R\$ 235,39/MWh, passou para R\$ 230,30/MWh.

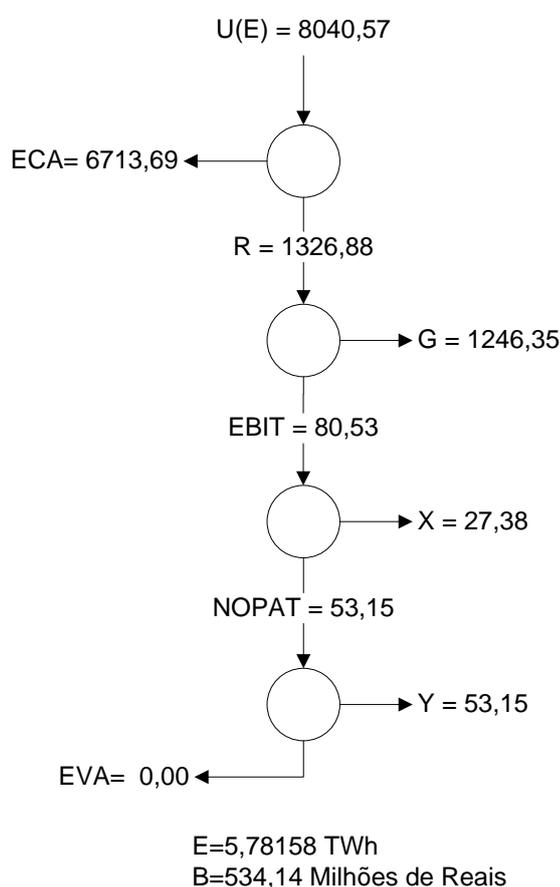


Figura 20: Otimização dos valores de investimentos para a área em estudo – valores em milhões de Reais

5.5.4. Análise tarifária com qualidade de energia elétrica

Para otimização com a qualidade de energia é preciso inserir no modelo Tarot o custo da qualidade, relacionando-o com os investimentos feitos no sistema.

O primeiro efeito real de se considerar o custo da qualidade na tarifa pode ser obtido a partir do modelo de regulamentação adicionando-se o custo da qualidade de maneira simples, como foi indicado na equação (3), de acordo com o diagrama da Figura 21. Esse modelo considera que a receita da concessionária, R , é igual a aquela obtida na revisão tarifária, mas acresce uma outra receita, R' , que representa a receita com adição do custo da qualidade.

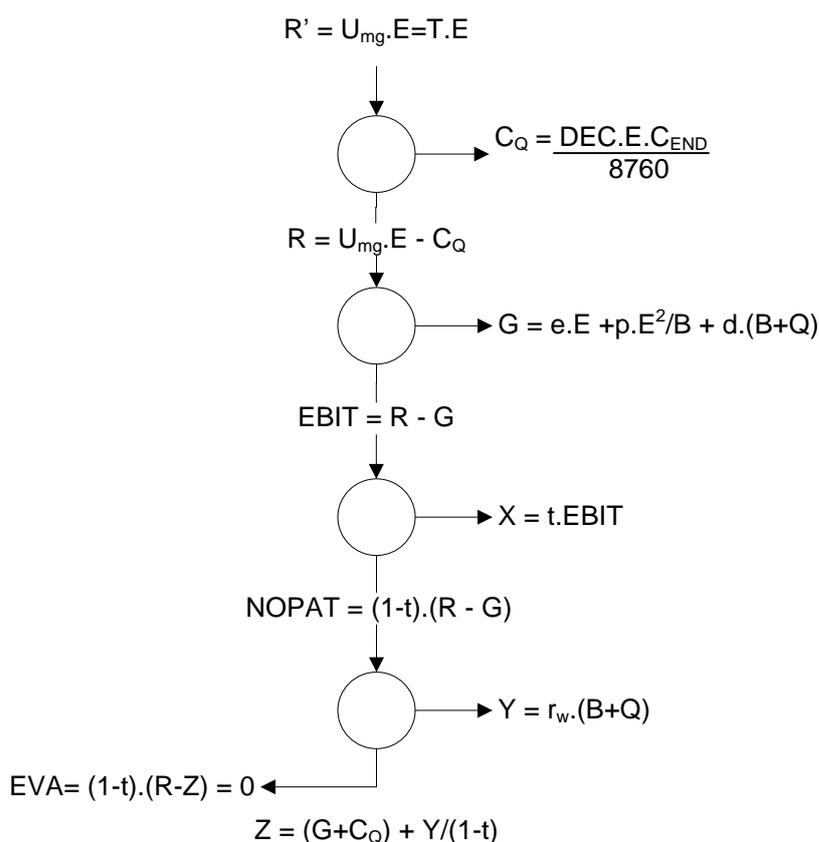


Figura 21: Modelo tarifário com a inclusão dos custos da qualidade

Com este modelo foi simulado o impacto do custo da qualidade na tarifa. Para cálculo do custo da qualidade de energia foram utilizados os valores de DEC

medidos na área em estudo, 16h/ano e o valor do custo unitário da energia não distribuída de 3,50 R\$/kWh. Todos os demais custos foram mantidos. A Figura 22 apresenta os resultados. A relação entre a R' e a energia foi chamada de tarifa, representando o valor que o consumidor paga para ter o serviço de fornecimento de energia elétrica e arcar com os custos decorrentes de problemas com a continuidade.

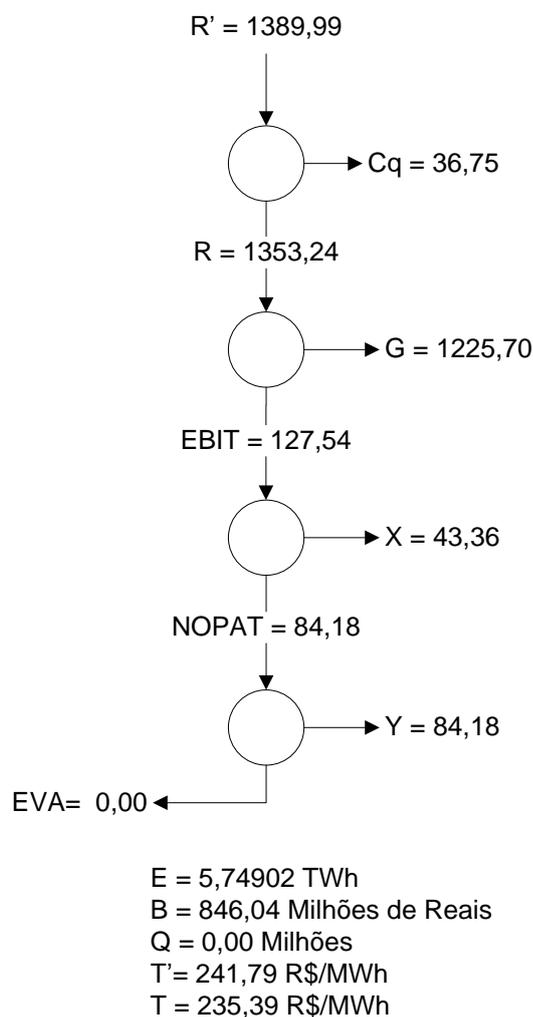


Figura 22: Modelo da Revisão Tarifária Acrescido do Custo da Qualidade

Por fim foi simulado o impacto tarifário caso a concessionária realizasse investimentos em qualidade de energia de maneira otimizada. É possível exprimir a relação otimizada entre custo da qualidade para o consumidor e investimentos em

qualidade de energia através das equações (7) e (10). O Valor do custo da energia não distribuída adotado será de 3,50 R\$/kWh. A aplicação da Equação leva a:

$$Cq = 21,38 \text{ Milhões}$$

$$Q = 15,05 \text{ Milhões de Reais}$$

A Figura 23 apresenta os resultados para a rede otimizada do ponto de vista de investimentos na qualidade de energia. A otimização tarifária fica evidente quando se comparam os custos totais do sistema antes e depois da otimização. A tarifa T' decaiu de 241,79 R\$/MWh para 239,77R\$/MWh. Do ponto de vista atual, no qual a tarifa não considera o custo da qualidade, a tarifa T aumenta de 235,39R\$/MWh para 236,05 R\$/MWh, uma diferença de 0,66R\$/MWh. Este é o impacto tarifário que seria percebido pelo consumidor com o acréscimo do custo da qualidade na tarifa.

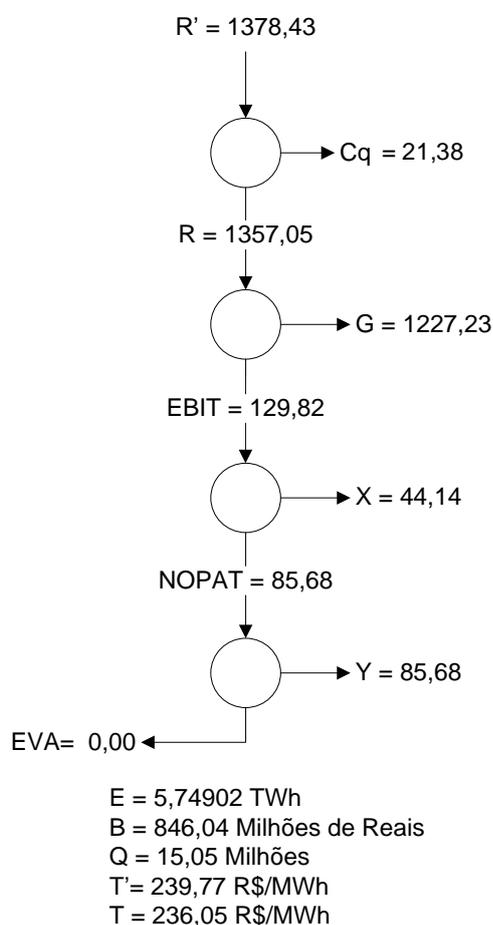


Figura 23: Modelo de revisão tarifária considerando os custos da qualidade otimizados

Neste modelo o valor da energia consumida não se altera com a mudança de qualidade de energia, entretanto na situação real isso é esperado. A tarifa otimizada do sistema para investimentos em expansão e em qualidade de energia precisa considerar a variação de energia consumida para resultados mais representativos. O relacionando dessas variáveis é um tema de fronteira na pesquisa de qualidade de energia.

A derradeira simulação do Tarot para o custo da qualidade, Figura 24, pode ser feita considerando o cenário proposto pela DAP. Naquele cenário o valor do custo da energia não distribuída para reduzir os indicadores de DEC e FEC pela metade em 4 anos é de 10,00R\$/kWh_{interrompido}. A diferença entre a tarifa base e a tarifa obtida segundo a simulação é de 1,15 R\$/MWh. Para um cliente que consome 300kWh/mês esse valor representa um acréscimo de R\$0,35 por mês na conta de energia elétrica.

$$Q = 26,21 \text{ Milhões de Reais}$$

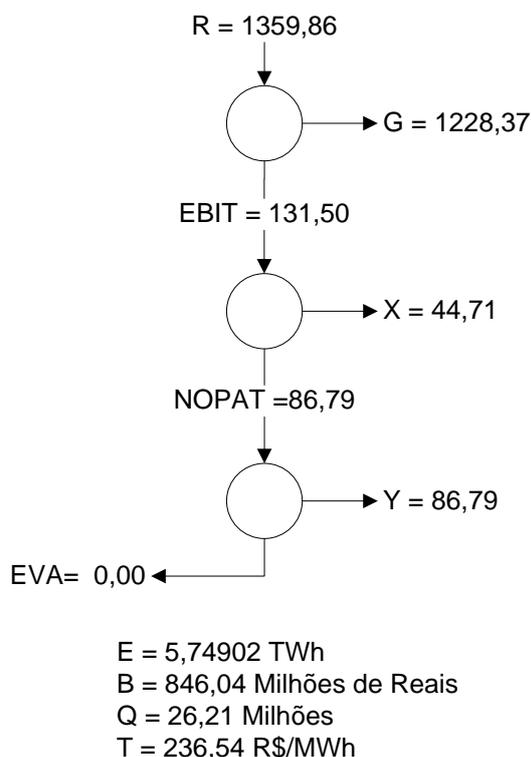


Figura 24: Otimização segundo cenário da DAP

Os resultados das simulações esclarecem que é possível reduzir os custos decorrentes da qualidade de energia através de investimentos nas redes de distribuição e que esse investimento adicional reduz os custos globais do sistema e aumenta o benefício social no mercado de energia elétrica.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho focou na contribuição e no desenvolvimento de metodologias para a definição de metas de qualidade considerando os custos de investimentos em redes de distribuição e os custos decorrentes de problemas na qualidade de fornecimento da energia elétrica para os consumidores.

No que se refere aos investimentos na distribuição de energia objetivando melhoria na qualidade do fornecimento três aspectos sobressaem:

1) A otimização da rede através da metodologia de planejamento de longo prazo (SISPAI) é possível e a otimização da qualidade para os investimentos pode ser feita com base no custo social na energia não distribuída. A utilização apenas de metas fixas e obrigatórias para a otimização da rede através de investimentos resulta em resultados econômicos inferiores para a sociedade.

2) É possível quantificar a relação entre investimentos na rede de distribuição e melhoria na continuidade do fornecimento. Os índices de qualidade são melhorados com o aumento de investimentos, no entanto há um limite técnico para o qual o aumento de investimentos não resulta em melhora significativa da qualidade da energia. No estudo de caso, os índices de DEC e FEC saturam em aproximadamente 6 horas/ano e 4 interrupções/ano, respectivamente.

3) Há correlação entre investimentos em qualidade e investimentos em expansão de rede. Quando a concessionária investe na expansão da rede existente via de regra os indicadores de qualidade melhoram, a despeito de terem sido feitos investimentos diretamente em obras estruturais para atendimento do mercado. Esta relação precisa ser melhor estudada.

Os custos da qualidade, pela percepção do consumidor podem ser valorados. Duas formas se mostram mais usuais, uma através da valoração do custo da energia não distribuída (C_{END}) e outra através da valoração da disposição a pagar (DAP) pela melhoria da qualidade interrupção. Ambas as formas foram exploradas nesta dissertação. Deve-se compreender que enquanto a DAP representa a opinião do consumidor para um cenário específico de melhoria, o custo da energia não distribuída representa média dos prejuízos ocasionados em decorrência de uma interrupção de longa duração e por isso devem ser tratados de formas distintas. A correlação entre eles é possível através da comparação de resultados dos investimentos necessários para atingir o cenário proposto na pesquisa DAP e dos investimentos necessários para atingir o ótimo de acordo com o C_{END} da sociedade. Sugere-se que o cenário da pesquisa DAP e os valores da pergunta de disposição a pagar sejam baseados nas possibilidades de melhoria da rede e nos investimentos necessários para esta pesquisa. Pode-se usar nesse sentido tanto os resultados obtidos pelo SISPAI quanto pelo Tarot.

Um fato colaborou para a análise entre investimentos e disposição a pagar: o estudo de caso foi feito para uma área que teve em comum a pesquisa DAP e a rede de distribuição a ser estudada.

Por fim a relação investimentos e qualidade pode ser analisada sobre a ótica do nível tarifário adequado para se fornecer o serviço com melhor qualidade. Ainda sim foi avaliada qual seria a tarifa ótima caso a rede fosse otimizada economicamente de acordo com a atual metodologia de revisão tarifária e também foram alocados na rede os custos decorrentes da energia interrompida e as melhorias econômicas possíveis para atender aos anseios do consumidor. O

equacionamento entre investimentos em qualidade e redução dos custos da qualidade foi calculado com base nos resultados do SISPAI.

Ressaltam, no aspecto tarifário, alguns pontos importantes obtidos para o estudo de caso. Segundo o modelo Tarot há um sobreinvestimento em obras relacionadas com perdas de energia e há subinvestimentos em qualidade de energia. A correta otimização entre investimentos em qualidade de fornecimento e investimentos em diminuição das perdas seria suficiente para arcar com os custos da qualidade com base na atual tarifa cobrada. Este fato foi comprovado pelo SISPAI pois foram adicionados nos alimentadores utilizados redes com as maiores bitolas possíveis.

Quando analisada a opinião do consumidor através da DAP verificou-se que o valor obtido na pesquisa para a valoração da qualidade é superior ao valor necessário a ser pago para arcar com os investimentos na melhoria da qualidade.

O aumento calculado na tarifa para os consumidores pesquisados foi R\$ 0,35 por mês, enquanto que a DAP resultou em valores superiores a R\$2,00 por mês. Ainda sim, se forem considerados conjuntamente os efeitos da otimização em perdas e em qualidade os consumidores poderiam ter provavelmente uma redução na tarifa. O cálculo da tarifa considerando ambos os aspectos necessita de um estudo detalhado sobre a influência da qualidade no consumo da energia, bem como de um estudo sobre a correlação entre investimentos em redução das perdas e expansão da rede e investimentos em qualidade da energia. Estes estudos são fatores de pesquisa.

Demais estudos e aperfeiçoamentos podem ser feitos no intuito de aumentar o benefício social possibilitado pela distribuição de energia. Pode-se, por exemplo, equacionar o custo da qualidade em função do número e do tempo de interrupção.

Outro ramo de estudo são as maneiras de se garantir que a concessionária investirá adequadamente os recursos destinados a qualidade de energia e caso isso não ocorra, como serão feitas as penalizações a ela e o ressarcimento aos consumidores.

Outro aspecto que se torna fundamental na análise entre investimentos e custo para o consumidor é a isonomia no recebimento dos serviços, uma vez que consumidores com mesma tarifa recebem energia com qualidade diferente. Este aspecto pode ser analisado sobre a luz das bases presentes nesta dissertação.

Espera-se que os resultados apresentados nesse trabalho possam contribuir para uma sociedade mais próspera e equânime.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DNAEE; **PORTARIA Nº 46, DE 17 DE ABRIL DE 1978**. “Estabelece as disposições relativas à continuidade de serviço a serem observadas pelos concessionários de serviço público de eletricidade no fornecimento de energia elétrica a seus consumidores”. Brasília (DF), 1978. Acesso em Setembro de 2010.
- [2] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução ANEEL Nº 395, de 15 de Novembro de 2009**; “Aprova a Revisão 1 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, e dá outras providências”. Brasília (DF), 2009. Disponível em: <www.aneel.gov.br>. Acesso em Setembro de 2010.
- [3] GOUVÊA, M. R. **Bases conceituais para o planejamento de investimentos em sistemas de distribuição de energia elétrica**. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993.
- [4] PENIN, C. A. S. **Análise de índices de qualidade no planejamento agregado de investimentos em ambiente de incertezas**, Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.
- [5] MEDEIROS, E. E. de; **Infra-estrutura energética e desenvolvimento: Estado, planejamento e regulação do setor elétrico brasileiro**, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, 2008.
- [6] LEITÃO, J. J. de A. L.. **Impactos econômicos causados pelos distúrbios na rede básica de energia elétrica: curtos-circuitos, interrupções de energia e afundamentos de tensão**. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- [7] BRASIL. **Lei nº. 8.987, de 13 de Fevereiro de 1995**. “Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previstos no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências”. Brasília (DF), 1995. Disponível em: <www.aneel.gov.br>. Acesso em Setembro de 2010.
- [8] ANUATTI NETO, F.; MELLO, M. F. de; et al.; **Regulação da infraestrutura no Brasil: Casos Didáticos**. Editora Singular, São Paulo, 2008.
- [9] MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Projeto reestruturação do setor elétrico brasileiro (RESEB)**. Brasília (DF), 1998. Disponível em: <www.mme.gov.br>. Acesso em Setembro de 2010.
- [10] MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Modelo institucional do setor elétrico (Novíssimo)**. Brasília (DF), 17 de Dezembro de 2003. Disponível em: <www.mme.gov.br>. Acesso em Setembro de 2010.

- [11] BRASIL. **Lei nº. 10.848, de 15 de Março de 2004.** “Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nºs 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências”. Brasília (DF), 2004. Disponível em: <www.aneel.gov.br>. Acesso em Setembro de 2010.
- [12] BRASIL. **Lei nº. 9.427, de 26 de dezembro de 1996.** Brasília (DF), 1996. Disponível em: <www.aneel.gov.br>. Acesso em Setembro de 2010.
- [13] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução ANEEL Nº 024, de 27 de Janeiro de 2000.** “Estabelece as disposições relativas à Continuidade da Distribuição de energia elétrica às unidades consumidoras”. Brasília (DF), 2000. Disponível em: <www.aneel.gov.br>. Acesso em Setembro de 2010.
- [14] TANURE, J. E. P. S.; **Proposta de procedimentos e metodologia para estabelecimento de metas de qualidade (DEC e FEC) para concessionárias de distribuição de energia elétrica através da análise comparativa.** Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- [15] TANURE, J. E. P. S.; **Análise comparativa de empresas de distribuição para o estabelecimento de metas de desempenho para indicadores de continuidade do serviço de distribuição.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá-MG, 2000.
- [16] CUNHA, R. C. **Proposição de metodologia para controle da qualidade de fornecimento de energia elétrica a partir da segmentação do mercado consumidor em famílias de redes elétricas.** Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- [17] ARANGO, H.; ABREU, J.P.G. de; BONATTO, B.D.; TAHAN, C.M.V.; KAGAN, N; GOUVÊA, M.R.. **O impacto econômico da qualidade de energia e sua regulação ótima.** INDUSCON 2008 - VIII Conferência Internacional de Aplicações Industriais, Poços de Caldas – MG, Brasil, 17 a 20 de agosto de 2008.
- [18] ARANGO, H.; ABREU, J.P.G. de; BONATTO, B.D.; TAHAN, C.M.V.; KAGAN, N; GOUVÊA, M.R.. **Introduzindo a qualidade no modelo econômico do mercado elétrico.** CBQEE 2007 - VII Conferência Brasileira sobre Qualidade da Energia Elétrica, Santos - SP, 05 a 08 de Agosto de 2007.
- [19] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução N.º 456, de 29 de Novembro de 2000.** Brasília (DF), 2000. Disponível em: <www.aneel.gov.br>. Acesso em Setembro de 2010.

- [20] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Nota Técnica ANEEL nº 183, de 16 de maio de 2006**. “Trata das obrigações especiais e da base de remuneração”. Brasília (DF), 2006. Disponível em: <www.aneel.gov.br>. Acesso em Setembro de 2010.
- [21] CIGRE Task Force 38.06.01; **Method to consider customer interruption costs in power system analysis**, Final Report, 2001.
- [22] KARIUKI, K.K.; ALLAN, R.N.. **Assessment of customer outage costs due to service interruptions: residential sector**. Proc IEE - Gener. Transm. Distrib, 1996, 143 part C, pp. 163-170.
- [23] OFGEM (Office of the Gas and Electricity Markets). **Consumer expectations of DNOs and WTP for improvements in service**, Relatório Final. Londres, 2004.
- [24] OFGEM (Office of the Gas and Electricity Markets). **Review of customer priorities for service improvements & indicators of willingness to pay**. Relatório qualitativo final. Londres, 2009.
- [25] YU, W.; JAMASB, T.; POLLITT, M.; **Incorporating the price of quality in efficiency analysis: the case of electricity distribution regulation in the UK**, Cambridge Working Papers in Economics, CWPE 0736 & EPRG 0713. Faculty of Economics, University of Cambridge, UK, 2007.
- [26] GOLDEMBERG, J. ; LUCON, O.. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**, 3ª Edição. EDUSP, São Paulo, 2008.
- [27] REIS, L. B. dos; SILVEIRA, S.. **Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável**, 1ª edição, EDUSP, São Paulo, 2000.
- [28] KAGAN, N.; OLIVEIRA, C. C. B. de; ROBBA, E. J.. **Introdução aos sistemas de distribuição de energia elétrica**, 1ª edição, Edgard Blucher; São Paulo, 2005.
- [29] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução nº 505, de 26 de novembro de 2001**: “Estabelece de forma atualizada e consolidada, as disposições relativas à conformidade dos níveis de tensão de energia elétrica em regime permanente”. Brasília (DF), 2001. Disponível em: <www.aneel.gov.br>.
- [30] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução normativa nº 345, de 16 de dezembro de 2008**. “Aprova os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, e dá outras providências”. Brasília (DF), 2008. Disponível em: <www.aneel.gov.br>.
- [31] DUTRA, C. A.; VIEIRA, G. R.; SEIBEL, C.. **Análise de parâmetros de qualidade de energia do ponto de vista de um consumidor em uma rede de distribuição**; VICBQEE, Pará, Brasil 2005.

- [32] PELEGRINI, M.A.; MAGALHÃES, C.H.N.; BALDAN, S.; CYRILLO, I.O.; SILVA, F. T.. **Interruption costs in large customers: survey and application**, 21st International Conference on Electricity Distribution, CIRED, 2011.
- [33] SULLIVAN, M.J.; VARDELL, T.; JOHNSON, M.. **Power interruption costs to industrial and commercial consumers of electricity**. IEEE Transactions on Industry Applications, 33(6):1448-1457, Novembro, 1997.
- [34] CYRILLO, I.O.; PELEGRINI, M.A.; BORGER, F.G.; ANUATTI, F. neto; BELLUZZO, W. Jr.. **Consumers perceived economical costs In power system analysis**, 20th International Conference on Electricity Distribution, CIRED, 2009.
- [35] SAMDAL, Knut; KJØLLE, G.; SINGH, B.; TRENGEREID, F.. **Customers' interruption costs - what's the problem ?**, 17th International Conference on Electricity Distribution, CIRED, Barcelona, 2003.
- [36] AMASIFEN, J.C.C.. **Metodologias para avaliação de riscos e dos custos de interrupção em processos causados por faltas em sistemas de distribuição de energia elétrica**, Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- [37] COSTA, J. G. da. **Avaliação de impactos econômicos do afundamento de tensão na indústria**. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2003.
- [38] WOO, C.K.; PUPP, R.L. "Costs of service disruption to electricity consumers". **Energy**. Vol. 17 n. 2 p. 109-126, UK, 1992
- [39] CRUZ, M. P. **Metodologia para avaliação dos impactos econômicos associados a problemas de qualidade de energia**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- [40] MARQUES, R. M. B.. **Ferramenta computacional para avaliação do impacto econômico da qualidade da energia elétrica no setor de produção das indústrias**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ceará, 2006.
- [41] MAGALHÃES, C.H.N.; GOUVÊA, M.R.; SILVA, F.A.T.; TAHAN, C.M.V.; ARAUJO, L.G.C. Filho. **Avaliação do custo social de interrupção do fornecimento de energia elétrica do lado da demanda no estado de São Paulo**. XVI SNPTEE.
- [42] HIDEKI, E.; FRONTEROTTA, S. E.; MAGALHÃES, C.H.N.; et al. **Determinação do custo de interrupção de energia elétrica de clientes industriais AT/MT**, Relatório final do projeto de P&D, ANEEL, 2001.
- [43] BELLUZZO Jr. W. **Valoração de bens públicos: o método de avaliação contingente**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

- [44] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Homologatória no 757, de 16 de dezembro de 2008** “Homologa os valores da Curva do Custo do Déficit de energia elétrica e os limites mínimo e máximo do Preço de Liquidação de Diferenças – PLD para o ano de 2009”. Brasília (DF), 2008. Disponível em: <www.aneel.gov.br>. Acesso em Setembro de 2010.
- [45] LUSVARGHI, S.A.S. **Impactos econômicos da descontinuidade do serviço elétrico utilizando um modelo de mercado**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Itajuba, Itajubá, 2010.