

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**FÁBIO LUÍS DA SILVA SANTOS**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA AVALIAÇÃO DAS AÇÕES  
DE GLD EM PROCESSOS PRODUTIVOS**

Porto Alegre  
2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**FÁBIO LUÍS DA SILVA SANTOS**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA AVALIAÇÃO DAS AÇÕES  
DE GLD EM PROCESSOS PRODUTIVOS**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre, pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Orientador: Dr. Luís Alberto Pereira

Porto Alegre  
2008

FÁBIO LUÍS DA SILVA SANTOS

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA AVALIAÇÃO DAS AÇÕES  
DE GLD EM PROCESSOS PRODUTIVOS**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre, pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Aprovada em 29 de janeiro de 2008.

BANCA EXAMINADORA:

---

Dr. Luís Alberto Pereira

---

Dr. Rubem D. Ribeiro Fagundes

---

Dr. José Wagner Maciel Kaehler

A meu amor Daiane, a minha mãe Sirlei e ao meu  
pai Vilmar.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Sirlei e Vilmar que me apoiaram em mais essa empreitada.

Sou grato à Daiane, minha namorada, que entendeu minhas ausências e meu humor alterado com a proximidade da entrega.

Agradeço ao Cícero Zanoni que me ofereceu a oportunidade de ingressar no Mestrado e ao seu irmão Fábio Zanoni meu velho amigo da graduação (Ciência da Computação).

Agradeço a José Wagner Kaehler (coordenador do GPGE) e Luís Alberto Pereira (meu orientador), sempre dispostos para ajudar e fornecer informações.

Obviamente não poderia deixar de agradecer aos meus colegas de GPGE, aos quais me refiro pelos nomes verdadeiros e respectivas alcunhas: Adriano (Trigo), Alex (Didi), Alexandre (Wolly), Arthur (Jesus), Barboza (Papai Smurf), Bibiana (Diny), Cícero (Titio Salamento), Diego (But-Head), Erverton (Estofane), Fernanda (Bahiana), Ivan (vocalista do Calcinha Preta), Lothar (Alemão), Maicon (Menino Maicon), Marcos (Ogro), Marlon (Bitonho), Marta (Malarta) e Zuleika (NuviZuleika).

Agradeço a Deus por ter me iluminado nos momentos difíceis, aqueles em que a inspiração insistia em ir para longe e por ter me mostrado como aproveitar tudo que aprendi.

Ao Menino Jesus de Praga ao qual sou grato, não só por mais esta etapa vencida, mas por tudo que Ele tem me proporcionado nos últimos anos. Agradeço principalmente pela oportunidade ímpar de contribuir com a concretização do sonho de uma nova Casa para as crianças, anjos aqui na Terra, moradoras da Casa do Menino Jesus de Praga ([www.casadomenino.org.br](http://www.casadomenino.org.br)).

É inconcebível que o Criador tenha colocado seres tão diversos sobre a Terra, cada um tão admirável em seu meio, tão perfeito em seu papel, somente para permitir ao Homem, sua obra-prima, destruí-los para sempre.

Anônimo.

Resumo da Dissertação apresentada a PUCRS como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA AVALIAÇÃO DAS AÇÕES DE GLD EM PROCESSOS PRODUTIVOS.

**FÁBIO LUÍS DA SILVA SANTOS**

Janeiro 2008.

Orientador: Dr. Luís Alberto Pereira.

Área de Concentração: Sistemas de Energia.

Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão de Sistemas de Energia.

Projeto de Pesquisa Vinculado: Gestão de Energia em Programas Anuais de Eficiência Energética e Promoção do Uso Racional de Energia.

Palavras-chave: Ações de GLD, Sistema de Apoio a Decisão, Eficiência Energética.

Na presente Dissertação foi desenvolvido um Sistema de Apoio à Decisão para subsidiar a análise dos resultados das ações de Gestão pelo Lado da Demanda de Energia (GLD), estas ações são aplicadas aos diversos cenários produtivos onde se inserem os clientes horosazonais das concessionárias de distribuição energia elétrica. Os resultados obtidos com a execução das ações GLD são refletidos nas curvas de carga típicas dos clientes, das subestações, transformadores de subestações e alimentadores. Para tanto, o sistema desenvolvido estabelece acesso organizado aos diversos bancos de dados onde são armazenadas as informações para tanto, isto foi feito através do *Data Warehousing*. Outras informações, para o mesmo fim, podem ser encontradas sob diversos formatos e tipos de arquivos. Como resultado final produziu-se um sistema com a capacidade de adequar-se à dinamicidade concernente às ações de GLD e aos cenários produtivos, o que foi possível em função do projeto desenvolvido com a utilização da Orientação a Objetos com a UML para a confecção do código-fonte do mesmo. Para tanto, também foi criado um banco de dados estruturado e normalizado aderente à mencionada dinamicidade.



Abstract of Dissertation presented to PUCRS as one of the requirements to obtain Masters Degree in Electrical Engineering.

## DEVELOPMENT OF A SYSTEM TO EVALUATE DSM ACTIONS IN PRODUCTIVE SCENARIOS

**FÁBIO LUÍS DA SILVA SANTOS**

January 2008.

Advisor: Luís Alberto Pereira.

Concentration Field: Energy Systems.

Line of Research: Planning and Management of Energy Systems.

Link Research Project: Energy Management in Annual Programs for Energy Efficiency and Promotion of Rational Use of Energy.

Keywords: DSM Actions, Decision Support System, Energy Efficiency

In this dissertation it was developed a Decision Support System to analyze the effect of Demand Side Management (DSM) actions on energy systems. These actions are applied to different productive scenarios in which the customers of energy supply companies are inserted. The results obtained with the implementation of DSM actions are reflected in the typical load curves of customers, power stations, transformers, and feeders. Using Data Warehousing the developed system provides organized access to various databases where the information is stored. Other information handled by the system can be accessed in different formats and file types. As a final result it was produced a system that is able to be adapted to different actions and different productive scenarios. This was made possible through the use of the Object Orientation and UML (Unified Modeling Language) for the development of the system. It was also created a structured and normalized database allowing that modifications and extensions can be implemented in an easy way.

# LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 2.1. Hierarquia do Cenário. ....   | 14 |
| Figura 2.2. Fluxo de Ações para Criação de Cenários – Parte 1. ....                                 | 16 |
| Figura 2.3. Fluxo de Ações para Criação de Cenários – Parte 2. ....                                 | 17 |
| Figura 2.4. Esquema do Projeto do Sistema. ....   | 19 |
| Figura 2.5. Interface MARK IV. ....   | 22 |
| Figura 2.6. Interface GEMIS. ....   | 23 |
| Figura 3.1. Representação da Integração com o Banco de Dados de Curvas de Carga. ....               | 27 |
| Figura 3.2. Exibição dos Dados de Medições do Cliente. ....   | 29 |
| Figura 3.3. Informações e Cadastros de Clientes. ....   | 30 |
| Figura 3.4. Curva Típica de Carga do Elemento da Rede Elétrica (Alimentador). ....                  | 31 |
| Figura 3.5. Informações Quantitativas de Clientes e Participação no Consumo. ....                   | 33 |
| Figura 3.6. Hierarquia dos Elementos da Rede Elétrica. ....   | 35 |
| Figura 3.7. Hierarquia dos Elementos da Rede Elétrica no Sistema. ....                              | 36 |
| Figura 3.8. Fluxograma Sugestão de Utilização das Informações. ....                                 | 38 |
| Figura 3.9. Extrapolação de Resultados. ....  | 41 |
| Figura 4.1. Seqüência de Procedimentos. ....  | 45 |
| Figura 4.2. Exemplo de Diagrama de Caso de Uso. ....  | 48 |
| Figura 4.3. Exemplo de Diagrama de Classes. ....  | 49 |
| Figura 4.4. Iteração das Fases de Construção de Um Modelo de Sistema. ....                          | 51 |
| Figura 4.5. Estruturas Hierárquicas das Classes do CNAE e dos Clientes. ....                        | 53 |
| Figura 5.1. Cenário Produtivo – Criação de Serviços. ....   | 61 |
| Figura 5.2. Cenário Produtivo – Criação de Processos. ....  | 61 |
| Figura 5.3. Cenário Produtivo – Criação de Conjuntos Tecnológicos. ....                             | 62 |
| Figura 5.4. Cenário Produtivo – Criação de Tecnologia. ....   | 64 |
| Figura 5.5. Árvore Hierárquica do Cenário Produtivo. ....   | 65 |
| Figura 5.6. Cenário Produtivo – Descrição do Trabalho Realizado pelo Conjunto Tecnológico.<br>..... | 66 |
| Figura 5.7. Cenário Produtivo e Suas Respectivas Instalações. ....                                  | 67 |
| Figura 5.8. Canalização Apresentando Perfurações. ....  | 69 |
| Figura 5.9. Instalação Obsoleta e Apresentando Baixa Eficiência Operacional. ....                   | 69 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 5.10. Informações Técnicas dos Equipamentos.....                    | 71 |
| Figura 5.11. Mesmos Valores para Duas Tecnologias.....                     | 72 |
| Figura 5.12. Aquisição dos Horários de Funcionamento dos Equipamentos..... | 75 |
| Figura 5.13. Parâmetros Energéticos, Econômicos e Financeiros.....         | 80 |
| Figura 5.14. Impacto na Curva Típica de Carga do Cliente.....              | 81 |
| Figura 5.15. Situação do Alimentador Plano Alto.....                       | 83 |
| Figura 7.1. Geo-referenciamento.....                                       | 89 |
| Figura 7.2. Escopo do Sistema na Internet.....                             | 91 |

## **LISTA DE TABELAS**

|   |    |
|---|----|
| Tabela 3.1. Histórico dos Ganhos Energéticos e Financeiros Resultantes da Execução das Ações de GLD. .... | 40 |
| Tabela 4.1. Necessidades Fundamentais do Desenvolvimento do Projeto de Sistema. ....                      | 49 |
| Tabela 4.2. Premissas de Cálculo. ....  | 56 |
| Tabela 5.1. Tecnologias e Respectiveos Campos.....  | 63 |

# LISTA DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 1.1. Potencial de Conservação por Uso Final (2020)..... | 5  |
| Gráfico 3.1. Curva de Carga Típica.....                         | 28 |

# LISTA DE SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.

CASE – Computer-aided *Software* Engineering.

CDE – Custo Unitário da Demanda Evitada.

CEE – Custo Unitário da Energia Economizada.

CNAE – Classificação Nacional de Atividade Econômica.

DSM – *Demand Side Management*.

DW – *Data Warehouse*.

EC – Energia Economizada.

GEE – Grupo de Eficiência Energética.

GIS – *Geographic Information System*.

GLD – Gestão pelo Lado da Demanda.

GPGE – Grupo de Pesquisa em Gestão de Energia.

GPIRE – Grupo de Planejamento Integrado de Recursos Energéticos.

NBR – Norma Brasileira Registrada.

NUC – Número da Unidade Consumidora

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento.

RCB – Relação Custo Benefício.

RP – Redução de Demanda na Ponta.

SAD – Sistema de Apoio à Decisão.

SIADAGE – Sistema de Apoio a Decisão em Gestão de Energia.

TMO – Técnica de Modelagem de Objetos.

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono.

UML – *Unified Modeling Language*.

# SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| Capítulo 1 .....  | 1  |
| 1 Introdução.....   | 1  |
| 1.1 Apresentação e Objetivos .....  | 1  |
| 1.2 Motivação e Justificativa.....  | 3  |
| 1.3 Organização da Dissertação.....   | 6  |
| Capítulo 2 .....  | 8  |
| 2 Programas de Eficiência Energética.....   | 8  |
| 2.1 Introdução.....   | 8  |
| 2.2 Critérios e Indicadores para Avaliação Programas de Eficiência Energética (PEEs) .... | 11 |
| 2.3 Detalhamento das Ações de GLD e Cenários Produtivos .....                             | 13 |
| 2.4 Adequação do Processo Produtivo e Substituição de Equipamentos.....                   | 17 |
| 2.5 Escopo do Sistema Desenvolvido e Fontes de Dados .....                                | 18 |
| 2.6 Aplicações de Sistemas de Apoio à Decisão .....                                       | 20 |
| Capítulo 3 .....  | 24 |
| 3 Fontes de Dados e Extrapolação dos Resultados .....                                     | 24 |
| 3.1 Introdução.....   | 24 |
| 3.2 Curvas de Carga Típicas.....  | 24 |
| 3.2.1 Curvas de Carga Típicas dos Clientes .....  | 25 |
| 3.2.2 Curvas de Carga Típicas dos Elementos da Rede .....                                 | 30 |
| 3.3 Informações Cadastrais e Comerciais dos Clientes.....                                 | 32 |
| 3.4 Informações Técnicas dos Elementos da Rede.....                                       | 34 |
| 3.5 Procedimentos de Identificação da Região Objeto de Estudo.....                        | 36 |
| 3.6 Extrapolação de Resultados.....   | 39 |
| 3.7 Padronização dos Dados de Entrada.....  | 42 |
| Capítulo 4 .....  | 44 |
| 4 Metodologia e Desenvolvimento do Projeto .....  | 44 |
| 4.1 Introdução.....   | 44 |
| 4.2 UML Contextualização e Aplicabilidade .....   | 46 |
| 4.2.1 Modelos UML .....   | 47 |
| 4.3 Atividades Envolvidas em Um Projeto de Sistema.....                                   | 50 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.4   | Desenvolvimento do Projeto do Sistema.....                   | 51 |
| 4.4.1 | Documento de Requisitos do Sistema .....                     | 52 |
| 4.5   | Ferramenta CASE Utilizada .....                              | 57 |
| 4.6   | Ferramentas Utilizadas para Desenvolvimento do Sistema ..... | 58 |
|       | Capítulo 5 .....   | 59 |
| 5     | Estudo de Caso .....   | 59 |
| 5.1   | Introdução.....  | 59 |
| 5.2   | Descrição do Cenário Produtivo.....                          | 60 |
| 5.3   | Análise do Cenário .....                                     | 68 |
| 5.4   | Banco de Dados de Tecnologias.....                           | 70 |
| 5.5   | Parâmetros Comparativos Energéticos.....                     | 72 |
| 5.5.1 | Energia Economizada.....                                     | 74 |
| 5.5.2 | Demanda Evitada.....   | 76 |
| 5.6   | Parâmetros Comparativos Econômicos e Financeiros.....        | 76 |
| 5.6.1 | Investimento Total.....                                      | 77 |
| 5.6.2 | Investimento Anualizado.....                                 | 77 |
| 5.6.3 | Investimento Evitado.....                                    | 78 |
| 5.6.4 | Relação Custo Benefício .....                                | 79 |
| 5.7   | Apresentação dos Parâmetros.....                             | 79 |
| 5.8   | Impacto na Curva de Carga do Cliente.....                    | 81 |
| 5.9   | Expansão dos Resultados .....                                | 82 |
| 5.10  | Classes de Controle .....                                    | 84 |
|       | Capítulo 6 .....   | 85 |
| 6     | Conclusões.....  | 85 |
| 6.1   | Considerações Finais .....                                   | 85 |
|       | Capítulo 7 .....   | 88 |
| 7     | Trabalhos Futuros .....                                      | 88 |
| 7.1   | Introdução.....  | 88 |
| 7.2   | Inclusão de Geo-referenciamento.....                         | 88 |
| 7.3   | Aquisição dos Dados de Medições dos Clientes .....           | 89 |
| 7.4   | Concessionária Virtual .....                                 | 90 |
|       | Bibliografia.....  | 92 |



|  |     |
|--|-----|
| Glossário.....   | 96  |
| Anexo 1 – Diagramas Referentes ao Documento de Requisitos de <i>Software</i> ..... | 97  |
| Anexo 2 – Geração das Curvas de Carga Típicas .....                                | 117 |
| Anexo 3 – Diagrama Entidade Relacional – BD Ações de GLD.....                      | 123 |
| Anexo 4 – Publicações Relacionadas ao Desenvolvimento da Dissertação.....          | 125 |

# Capítulo 1

## 1 Introdução

### 1.1 Apresentação e Objetivos

Desde o ano de 1998 as empresas concessionárias dos serviços públicos de distribuição de energia elétrica brasileiras vêm sendo obrigadas a investirem, em suas áreas de concessão, parte de suas receitas líquidas em programas de promoção do uso racional e eficiente de energia elétrica. Porém, muitas delas, não possuem informações suficientes para selecionar, executar e avaliar o efeito de ações de gestão pelo lado da demanda (GLD) de energia que se reflitam como ganhos no tocante ao planejamento da gestão e a distribuição de energia.

As ações de GLD caracterizam-se pela dinamicidade, variedade e grande quantidade de informações que são necessárias para a realização de uma análise numérica dos impactos obtidos com sua execução. Os resultados das ações de GLD podem ser analisados econômica, financeira e energeticamente tanto sob a ótica dos clientes quanto das concessionárias, o impacto ambiental obtido em função destas ações também pode ser mensurado e mesmo internalizado.

Dentro deste contexto há uma necessidade de ferramentas de apoio para a correta avaliação do impacto de ações de GLD. A concepção de um sistema, bem como o projeto de desenvolvimento do mesmo, que representem o cenário descrito acima, são os principais objetivos dessa Dissertação. Sendo assim, é importante que tanto o projeto quanto o sistema apresentem capacidades e funcionalidades que permitam as alterações e acréscimos exigidos pela dinamicidade que caracteriza as ações de GLD.

De maneira resumida, é de suma importância que o sistema aceite as novas e constantes atualizações de uma forma rápida e fácil, por intermédio de uma interface que se adapte a tais atualizações. É importante também que o projeto de desenvolvimento seja flexível às constantes inclusões de novas ações.

Para avaliar as ações de gestão pelo lado da demanda de energia o sistema faz uso das informações econômicas, financeiras e energéticas de ações já estudadas e executadas nos cenários produtivos dos clientes das concessionárias de energia. Estas informações provêm dos diagnósticos energéticos<sup>1</sup> realizados antes e depois da execução das ações.

Outro fator que também caracteriza a dinamicidade do sistema são os diversos cenários produtivos, utilizados pelos clientes em suas atividades, os quais são alvos das ações de combate ao desperdício de energia e de promoção de seu uso de forma eficiente. Sendo assim, é importante representar visualmente de forma também dinâmica tais cenários, sendo necessário para tanto a criação de um banco de dados que comporte a constante inclusão de novos cenários produtivos.

Em função das características acima citadas, é imprescindível a criação de uma metodologia, que será desenvolvida por intermédio do desenvolvimento Orientado a Objetos com a *Unified Modeling Language* (UML). A mesma norteia a utilização e manutenção do sistema no tocante a inclusão novas ações de GLD e novos cenários produtivos dos clientes.

O sistema se enquadra na categoria dos Sistemas de Apoio a Decisão (SAD) que é definido por Inmon (1997) como uma ferramenta que subsidia seus usuários ao lidarem com problemas de decisão cuja dimensão ultrapassa a capacidade cognitiva. O mesmo pode ser utilizado pelos executivos das concessionárias envolvidos na seleção, análise e avaliação de programas de eficiência energética. Portanto, o mesmo funcionará como uma ferramenta de subsídio para tais atividades, permitindo auditar os impactos energéticos e financeiros decorrentes da execução das ações de GLD nos diversos tipos de cenários produtivos, nos quais se inserem os clientes das concessionárias.

As informações e os dados necessários para o funcionamento do sistema encontram-se em diversos sistemas de banco de dados nas concessionárias e são disponibilizados nos mais diversos formatos. Portanto, foi necessário, por intermédio do *Data Warehousing*, efetuar

---

<sup>1</sup> Os diagnósticos energéticos têm como objetivo principal determinar as condições atuais da instalação sob o ponto de vista do uso de energia, identificando problemas e recomendando solução para que ela se torne mais eficiente. Os mesmos fundamentam-se em levantamentos de campo que coletam os dados a serem analisados

uma reorganização destes dados e destas informações relevantes, com o objetivo de facilitar e dinamizar as consultas necessárias.

O sistema apresentará, de maneira complementar, as seguintes funcionalidades:

- extrapolação para um grupo de clientes dos resultados obtidos com a execução das ações de GLD em clientes específicos – sendo que o grupo será formado por clientes semelhantes em consumo e/ou indicadores produtivos – refletindo o impacto nos elementos da rede elétrica;
- demonstração das atividades comerciais mais representativas quantitativa e energeticamente para uma determinada região delimitada pela abrangência dos elementos da rede elétrica, com o objetivo de subsidiar o usuário e a concessionária de energia na seleção de regiões com maior potencial de economia.

## **1.2 Motivação e Justificativa**

Mensurar os ganhos energéticos e financeiros resultantes dos investimentos em programas de promoção e utilização racional de energia elétrica é uma tarefa difícil para as concessionárias responsáveis pelo serviço de distribuição de energia elétrica. Como mencionado, as informações encontram-se armazenadas em diferentes sistemas de banco de dados e apresentam-se em diversos formatos, constituindo assim um fator contribuinte para esta dificuldade.

Buscou-se, como motivação para o desenvolvimento dessa dissertação, não somente tornar possível, mas também facilitar a atividade de mensuração dos impactos relativos à execução das ações de GLD. Para tanto, foi criado um banco de dados que reúne, de maneira organizada, as informações necessárias, foi criada também, uma ferramenta computacional, ambos com o objetivo de subsidiar os gestores das concessionárias no momento de decidir a respeito dos investimentos destinados à execução das ações de GLD.

Levando em consideração as diversas normas estabelecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), decidir como, onde, quando e quanto investir na área de eficiência energética pode ser decisivo para as concessionárias. Sendo assim, o fato das mesmas

manterem-se no mercado e, especialmente, de forma competitiva depende em parte das decisões a respeito destes investimentos.

A ausência de uma ferramenta que representasse de maneira dinâmica, os diversos tipos de cenários produtivos dos segmentos econômicos, onde se inserem os clientes, nos quais são aplicados os investimentos, configurou-se como o fator motivador para o desenvolvimento dessa dissertação.

Aliado a tudo isto, existem também as questões ambientais, considerando as importantes mudanças climáticas ocorridas nos últimos anos, as quais fizeram com que o mundo, mais uma vez, voltasse suas atenções para o problema do aquecimento global. A excessiva emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera é considerada uma das principais causas deste problema, sendo que parte desta emissão é consequência da geração de energia elétrica. Portanto, promover o uso racional e a redução, ou até mesmo a eliminação do desperdício de energia configura-se em uma considerável diminuição da emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

Estudos divulgados pela WWF-Brasil (*World Wildlife Fund*) concluem que a adoção de um Cenário Elétrico Sustentável no Brasil em conjunto com medidas de eficiência pode representar a redução da demanda esperada em 38%. O estudo cita ainda que esta energia corresponde à geração evitada de 60 usinas nucleares de Angra III ou ainda 6 hidrelétricas de Itaipu, significando uma economia de R\$ 33 bilhões na conta nacional de eletricidade. Em termos de redução da emissão de CO<sub>2</sub>, acumulada durante o período 2004-2020, significaria 413 milhões de toneladas que deixariam de ser emitidas (WWF-BRASIL, 2007).

O Gráfico 1.1 apresenta o resultado dos estudos da WWF-BRASIL, no que se refere ao potencial de conservação de energia que pode ser alcançado até o ano de 2020, desde que as providências referentes a eficiência energética sejam iniciadas em um prazo não maior que cinco anos. O mesmo é dividido por usos finais e subdividido por setores (WWF-BRASIL, 2006).

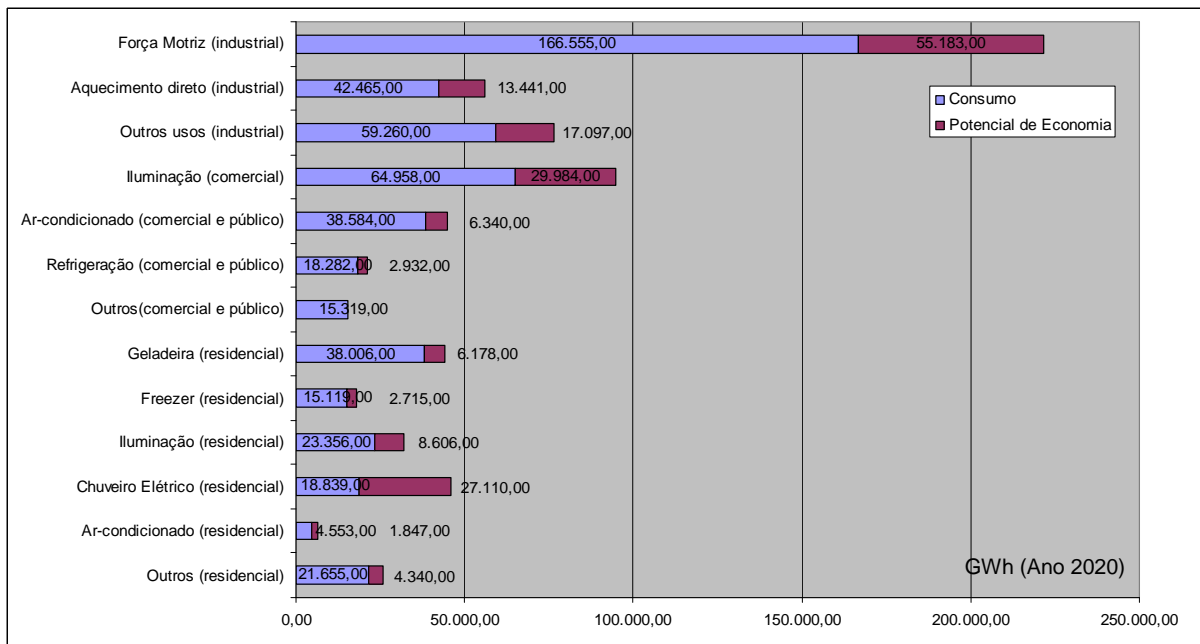


Gráfico 1.1. Potencial de Conservação por Uso Final (2020).

Fonte: WWF-BRASIL (2006, p.37).

Tornar possível e realizável parte das previsões, referentes ao potencial de conservação de energia demonstrado acima, constitui-se em mais uma motivação para o desenvolvimento dessa dissertação.

Quanto ao cenário mundial, a WWF aponta que a eficiência energética é uma prioridade, pois representa um potencial de decréscimo anual na demanda projetada de 39%, evitando a emissão de 9,4 Gigatoneladas de CO<sub>2</sub> por volta do ano de 2050. Ressalta, também, que se as decisões necessárias forem tomadas nos próximos cinco anos, ainda há tempo para desenvolvê-las e empregá-las para que surtam os efeitos necessários (KARL, 2007).

Desenvolver, portanto uma ferramenta computacional que subsidia e facilita a criação e aplicação de ações de eficiência energética, que proporcionam a racionalização e combatem o desperdício de energia elétrica e que, por conseqüência, contribuem com a redução da emissão CO<sub>2</sub>, é mais um fator motivador para o desenvolvimento dessa dissertação.

É bem provável que todas as providências necessárias para a redução da degradação do meio ambiente não sejam tomadas. Porém, como exposto, é fato que a eficiência energética agirá como um importante vetor na amenização do impacto que a geração de energia elétrica exerce sobre o meio ambiente.

Desta forma, os principais aspectos que justificam o desenvolvimento dessa dissertação são os seguintes:

- os resultados de futuras pesquisas que tenham como objeto de estudo a eficiência energética, poderão ser agregados ao sistema e, conseqüentemente, propiciarão o aprimoramento dos resultados gerados pelo sistema;
- as diversas formas de combate ao desperdício de energia bem como outras que poderão surgir, também poderão ser acrescentadas ao sistema;
- novos métodos de otimização do consumo de energia existentes e que possam surgir, poderão ser agregados ao sistema;
- possibilidade de divulgar a importância e o potencial de economia que as ações de GLD propiciam, não somente ao conjunto de gestores da empresa, mas também para o restante dos funcionários e, futuramente, para o público externo (clientes diretamente interessados).

### **1.3 Organização da Dissertação**

O texto dessa dissertação está dividido em seis capítulos, sendo o primeiro introdutório, onde são apresentados os objetivos, a motivação e a justificativa. É apresentada uma contextualização do cenário onde a dissertação se insere (Programas de Promoção de Ações de Eficiência Energética) bem como um escopo do sistema desenvolvido e das fontes de dados acessados pelo mesmo.

O Capítulo 2 trata, de maneira detalhada, das fontes de dados acessadas pelo sistema contextualizando a importância de cada uma delas para a geração das informações disponibilizadas pelo sistema. Finalmente, é feita uma análise da importância da padronização das fontes de dados.

O Capítulo 3 tem como tema o desenvolvimento do projeto do sistema expondo a importância da documentação, bem como da metodologia utilizada. Situa cada um dos conceitos da metodologia adotada no desenvolvimento do sistema. Complementarmente,

também são apresentadas as ferramentas computacionais e linguagens de programação utilizadas.

O Capítulo 4 apresenta um estudo de caso utilizando o sistema desenvolvido. São abordadas as informações financeiras e energéticas resultantes da aplicação do estudo de caso. Finalmente, mostra as características do sistema, bem como sua utilização.

No Capítulo 5 são apresentadas as conclusões. No Capítulo 6 são apresentadas sugestões de novas funcionalidades que poderão ser acrescentadas ao software em futuras versões.



## Capítulo 2

### 2 Programas de Eficiência Energética

#### 2.1 Introdução

Visto que o objetivo do sistema é a avaliação do impacto de ações de GLD, é importante uma conceituação a respeito dos Programas de Eficiência Energética, bem como uma contextualização dos mesmos nos cenários mundial e brasileiro.

O crescimento econômico, os aumentos da urbanização e da industrialização seguem padrões cada vez mais intensos no tocante ao consumo de energia elétrica. A população demanda e necessita cada vez mais serviços de transporte, saneamento, saúde, comércio entre outros, significando, também em aumento no consumo de energia. O constante desenvolvimento de novas tecnologias disponibilizadas no mercado, aliada a facilidades de compras colocam, em grande quantidade, nas residências dos consumidores um sem número de eletro-eletrônicos (JANUZZI, 1997). Porém, consumo e desperdício ainda se confundem em função da utilização desordenada da energia elétrica. Ações para reverter esta situação, por parte dos diversos setores da sociedade, ainda são discretas e, sob certos aspectos, raras.

Os avanços tecnológicos, agora no tocante a geração e transmissão, permitem que a energia chegue aos mais distantes e inóspitos locais, fazendo com que regiões desabitadas transformem-se, cada vez mais rápido, em grandes centros industriais e urbanos (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2002). Aqui também se repetem as situações de desperdício e, novamente, são raras as ações para reduzi-lo.

Estatísticas demonstram que um terço da população mundial não tem acesso a energia elétrica, e uma parcela considerável tem acesso de forma precária. No Brasil a situação não é tão grave, tendo em vista a vasta extensão territorial do país que, conseqüentemente, disponibiliza uma grande quantidade de recursos energéticos. Porém, estes recursos energéticos são suscetíveis a sazonalidades, crises econômicas, fenômenos climáticos e, sobretudo, não se apresentam mais tão disponíveis como há décadas atrás. Outro detalhe é que mais de 80% da população brasileira habita zonas urbanas com sérios problemas de infraestrutura (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2002). Portanto, é cada vez

mais importante promover esforços científicos e financeiros para analisar a forma como os recursos estão sendo explorados e a maneira como a energia vem sendo utilizada, levando em consideração que a demanda por energia deve ser atendida com qualidade.

No ano 1998, mesmo que tardiamente, o setor energético brasileiro resolveu acompanhar as tendências mundiais, e por intermédio da ANEEL, a partir da resolução 271/2000, tornou obrigatório para as empresas concessionárias de energia elétrica a realização de investimentos na ordem de 0,30% de suas receitas operacionais líquidas em programas de eficiência energética. Os investimentos, segundo a mesma resolução, deveriam ser aplicados nas áreas de concessão da empresa concessionária de energia (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2000).

Após diversas mudanças a resolução normativa nº 176, de 28 de novembro de 2005 estabeleceu que concessionárias e permissionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica deveriam aplicar, anualmente, no mínimo, 0,50% de sua Receita Operacional Líquida no desenvolvimento de programas para o incremento da eficiência energética no uso final de energia elétrica.

A resolução estabelece também, que o mesmo valor deverá ser aplicado em programas de pesquisa e desenvolvimento de energia elétrica (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2005). O recurso aplicado é previsto na tarifa, sendo a concessionária fiel depositária, a ANEEL regulamenta, aprova e fiscaliza e, finalmente, os clientes recebem os benefícios.

O potencial de economia que pode ser alcançado com a execução de ações de eficiência energética é bem claro, pois estudos constatam que economizar 1 kWh é pelo menos 4 vezes mais barato que a sua geração (HADDAD, 2001).

A eficiência energética é uma das ações de Gestão pelo Lado da Demanda (GLD ou em inglês *Demand Side Management* – DSM) que, segundo Jannuzzi (1997, p. 126), diz respeito aos esforços para promoção de mudanças nos padrões de consumo da energia elétrica. As mesmas têm como objetivo alterar hábitos, horários de funcionamento de equipamentos e mudanças nas características técnicas dos mesmos. Caracterizam-se por serem desenvolvidas pelas concessionárias do serviço público de energia elétrica em suas

áreas de concessão e apresentam como resultado final alterações no comportamento das curvas de carga dos clientes e, conseqüentemente, da rede de distribuição.

As ações de GLD são desenvolvidas conjuntamente por parceiros que dão suporte, colaboram, participam e/ou subsidiam atividades de combate ao desperdício de energia elétrica e de promoção do uso eficiente. É possível identificar dois grupos de atores (NUNES, 2005):

- atores ativos, como o órgão regulador ANEEL; Federações, Sindicatos, Associações Empresariais, tais como FIERGS, SEBRAE, etc; Universidades e Escolas Técnicas; Empresas de Engenharia, Consultoria e Publicidade;
- atores passivos, constituídos pelos Clientes dos Setores: Industrial, Residencial, Rural, Comercial e Serviços, Serviços Públicos, etc.

As ações de GLD normalmente são executadas de forma conjunta: pela ANEEL que atua como promotora e fiscalizadora; pelas concessionárias de energia que atuam como planejadoras, patrocinadoras e executoras e pelos clientes que se beneficiam das ações. Os dois primeiros (atores ativos) possuem objetivos e metas bem claras, já os clientes (atores passivos) na maioria dos casos devem ser motivados a combater o desperdício de energia nos diferentes usos finais e processos produtivos.

O crescimento econômico no Brasil relaciona-se estreitamente com o consumo de energia elétrica. Sendo assim, otimizar a utilização dos recursos energéticos, por intermédio de ações de GLD pode promover o crescimento econômico seja pelo aumento da produtividade, economia com infra-estrutura, seja pela redução do impacto ambiental (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2005).

Pode-se, assim, reconhecer a importância da qualidade do planejamento das ações de GLD, bem como da adaptação das mesmas em função dos diversos setores produtivos em que os inúmeros clientes da concessionária se enquadram. Um bom planejamento viabiliza a seleção de uma ação de GLD correta para o cliente correto, é essa escolha que o sistema se propõe a facilitar.

É nesse contexto que o sistema desenvolvido, bem como seu projeto, se inserem, sendo este cenário que se busca representar de forma detalhada para mensurar os ganhos energéticos e financeiros resultantes das ações de GLD executadas. Mensurar para avaliar a possibilidade de disseminação das ações de GLD a um número maior de clientes.

Desde que agregada ao sistema, por intermédio das regras e diretrizes aqui definidas, qualquer tipo de ação de GLD poderá ser avaliada, entre os quais se incluem:

- substituição de equipamentos defasados tecnologicamente por equipamentos mais eficientes;
- preposição de alterações nos horários de funcionamento dos equipamentos elétricos dos clientes buscando redução da fatura de energia;
- melhorias no cenário produtivo nos quais os clientes da concessionária estão inseridos.

## **2.2 Critérios e Indicadores para Avaliação Programas de Eficiência Energética (PEEs)**

Para a avaliação dos PEEs, mais especificamente, das ações de GLD o sistema faz uso dos critérios e indicadores definidos pela ANEEL, a Agência estabelece que todos os PEEs devem ter sua relação custo-benefício (RCB) calculada sob a ótica da sociedade. Para projetos que apresentam mais de um uso final deverá ser calculada uma RCB para cada uma dos usos finais e posteriormente uma média ponderada, isto é, uma RCB global. Para serem aceitos os projetos devem apresentar uma RCB igual ou inferior a 0,80, isto significa que o setor elétrico dispõe-se a investir até R\$ 0,80/kW para cada R\$ 1,00/kW evitado pelo lado da oferta de energia. O cálculo da RCB de cada uso final é feito conforme a Equação 2.1 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2005):

$$RCB = \frac{CA}{BA}$$

Equação 2.1.

Onde:

- *CA* : custos anualizados, isto é, a soma dos investimentos em equipamentos, projetos e instalação multiplicados pelo fator de recuperação de capital;
- *BA* : benefícios anualizados, isto é, benefícios auferidos anualmente ao longo da vida útil do projeto.

Os *BA* são obtidos pela Equação 2.2.

$$BA = (EE \times CEE) + (DEP \times CED) \quad \text{Equação 2.2.}$$

Onde:

- *EE* : Energia Economizada é calculada em função da substituição de um conjunto proposto, é necessário subtrair o valor da energia consumida do conjunto base pelo valor de energia do conjunto proposto, a mesma é fornecida em MWh/ano;
- *CEE* : Custo de Energia Economizada expressa em R\$/MWh, equivale ao custo de geração a ser pago pela concessionária;
- *DEP* : Demanda Evitada no Horário de Ponta (kW);
- *CED* : Custo Evitado de Demanda (R\$/kW) equivale ao custo de expansão na transmissão e distribuição de energia elétrica.

As informações supracitadas, dentro da concepção do sistema desenvolvido, são os parâmetros de saída, isto é, aqueles que serão gerados por intermédio de consultas ao banco de dados das ações de GLD e processamento específico.

São os parâmetros acima que subsidiam, primeiramente, a criação e representação das ações de GLD. Posteriormente, os mesmos auxiliam na seleção e na atribuição das ações de GLD para os clientes em estudo de maneira individual e, de forma opcional, para grupos de clientes.

As informações são apresentadas para o usuário de maneira tabulada e por meio de gráficos, sendo que o objetivo é facilitar a visualização. As tabelas e os gráficos são atualizados sempre que uma alteração na ação de GLD é efetuada no cliente em estudo.

## **2.3 Detalhamento das Ações de GLD e Cenários Produtivos**

O detalhamento das ações de GLD é outra peculiaridade que o sistema leva em consideração e, de maneira complementar, destina uma atenção especial aos índices que medem a produtividade dos clientes conforme o setor produtivo no qual ele se encontra.

Busca-se posteriormente estabelecer uma relação entre os índices de produtividade e o consumo de energia elétrica dos clientes da concessionária. Sendo assim deve-se caracterizar da melhor forma possível, não somente as ações de GLD, mas também os clientes e, por conseqüência, os grupos de clientes, com o propósito de facilitar a análise e atribuição das ações de GLD.

Convencionou-se chamar de cenário produtivo todos os aspectos concernentes às ações de GLD e aos clientes, bem como o vínculo entre eles. Pode-se então definir o cenário produtivo da maneira descrita a seguir.

Os clientes da concessionária são distinguidos de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), vigente no Brasil, trata-se de um conjunto de classes que caracterizam as empresas que possuem como objetivo comum a produção de um bem ou a prestação de um serviço. Para tal as empresas utilizam um ou mais conjuntos de serviços que por sua vez compõem-se de um ou mais processos. Cada um dos processos utiliza-se de um ou mais conjuntos tecnológicos que são formados por diversas tecnologias. Cada um dos conjuntos tecnológicos está relacionado a um propósito concreto para completar um processo como, por exemplo, bombear uma quantidade determinada de água a certa altura com um fluxo requerido. Ou seja, é o serviço que deve ser suprido para que o processo seja completado.

É importante citar as principais características de alguns elementos descritos acima:

- Processos: cada processo constitui-se em um conjunto de tecnologias de transformação que fazem uso de um energético específico que pode ser Energia Elétrica, Água, Gás Natural, Gás Liquefeito de Petróleo, Lenha, Óleo Combustível ou Óleo Diesel. O processo também se caracteriza como Direto ou Indireto;
- Conjuntos Tecnológicos: cada conjunto tecnológico possui um Uso Final que presta um serviço ou produz bens que pode ser Aquecimento Direto, Calor de Processo, Eletroquímico, Força Motriz ou Iluminação. Outra característica importante de cada conjunto tecnológico é o perfil horário de utilização;
- Tecnologias: cada equipamento, definido aqui como tecnologia, possui diversas características técnicas, como por exemplo: descrição da tecnologia, potência em CV, rendimento em %, preço em R\$, vida útil em anos, etc. Sendo que cada uma dessas características possuem pelo menos um valor (que pode ou não ser nulo).

Considerando-se o exposto foi estabelecida uma hierarquia no cenário produtivo, como ilustra a Figura 2.1:



Figura 2.1. Hierarquia do Cenário.

É no cenário produtivo do cliente que serão avaliadas e, por conseguinte, atribuídas as ações de GLD. Porém, antes de serem atribuídos para os clientes os cenários serão criados e

vinculados em função da classe da CNAE. O objetivo é a criação de cenários produtivos padrões para as diversas atividades econômicas dos clientes, com o intuito facilitar a análise e seleção das melhores ações de GLD.

Transferindo a concepção dos cenários produtivos para o sistema convencionou-se que: o usuário do sistema poderá definir para cada classe da CNAE todos os elementos acima mencionados de forma a estabelecer o cenário produtivo para posterior atribuição ao cliente. Com o cenário produtivo devidamente atribuído ao cliente, pode-se então analisar e ação de GLD. O fluxograma representado nas Figura 2.2 e Figura 2.3 representa o acima exposto.



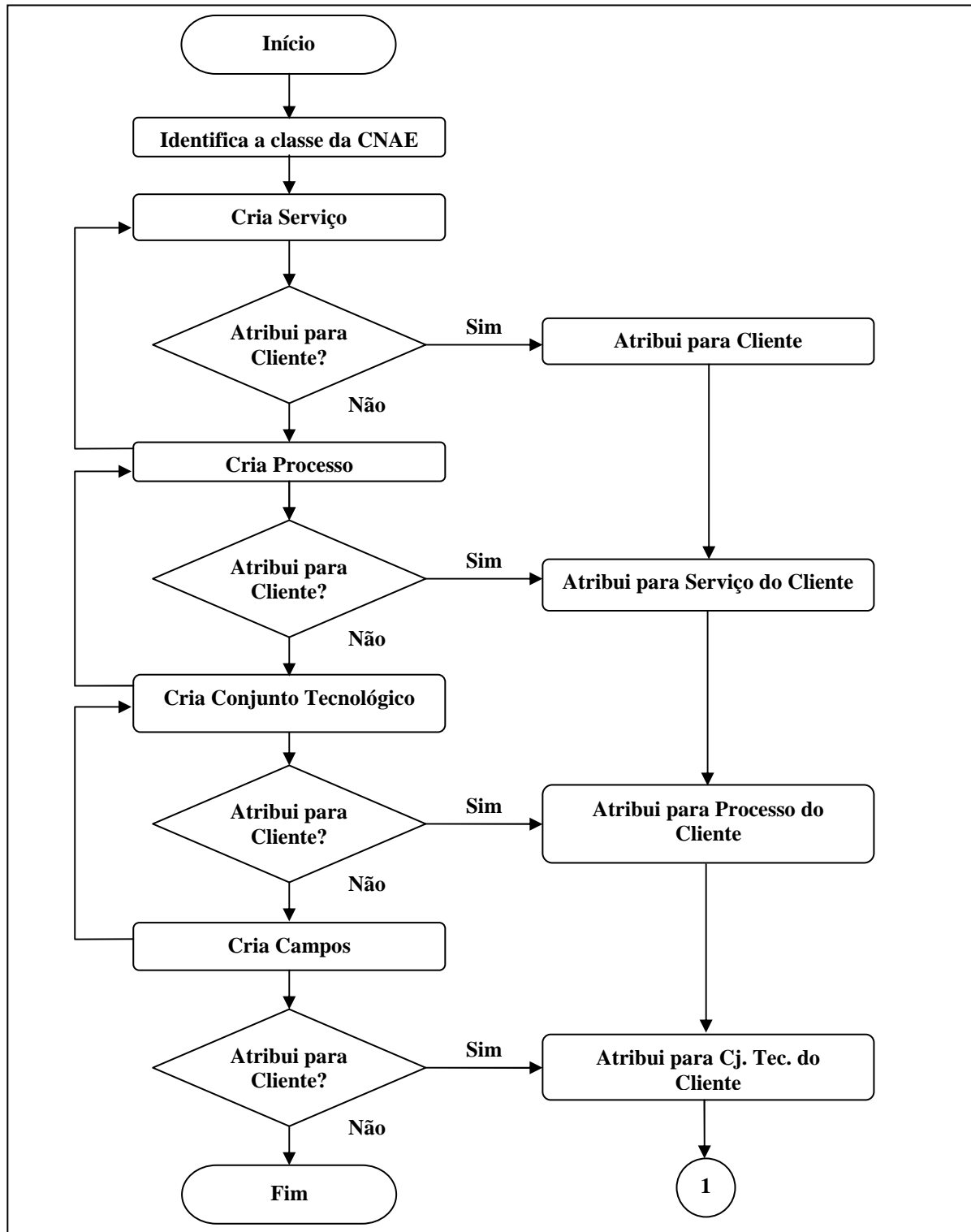


Figura 2.2. Fluxo de Ações para Criação de Cenários – Parte 1.

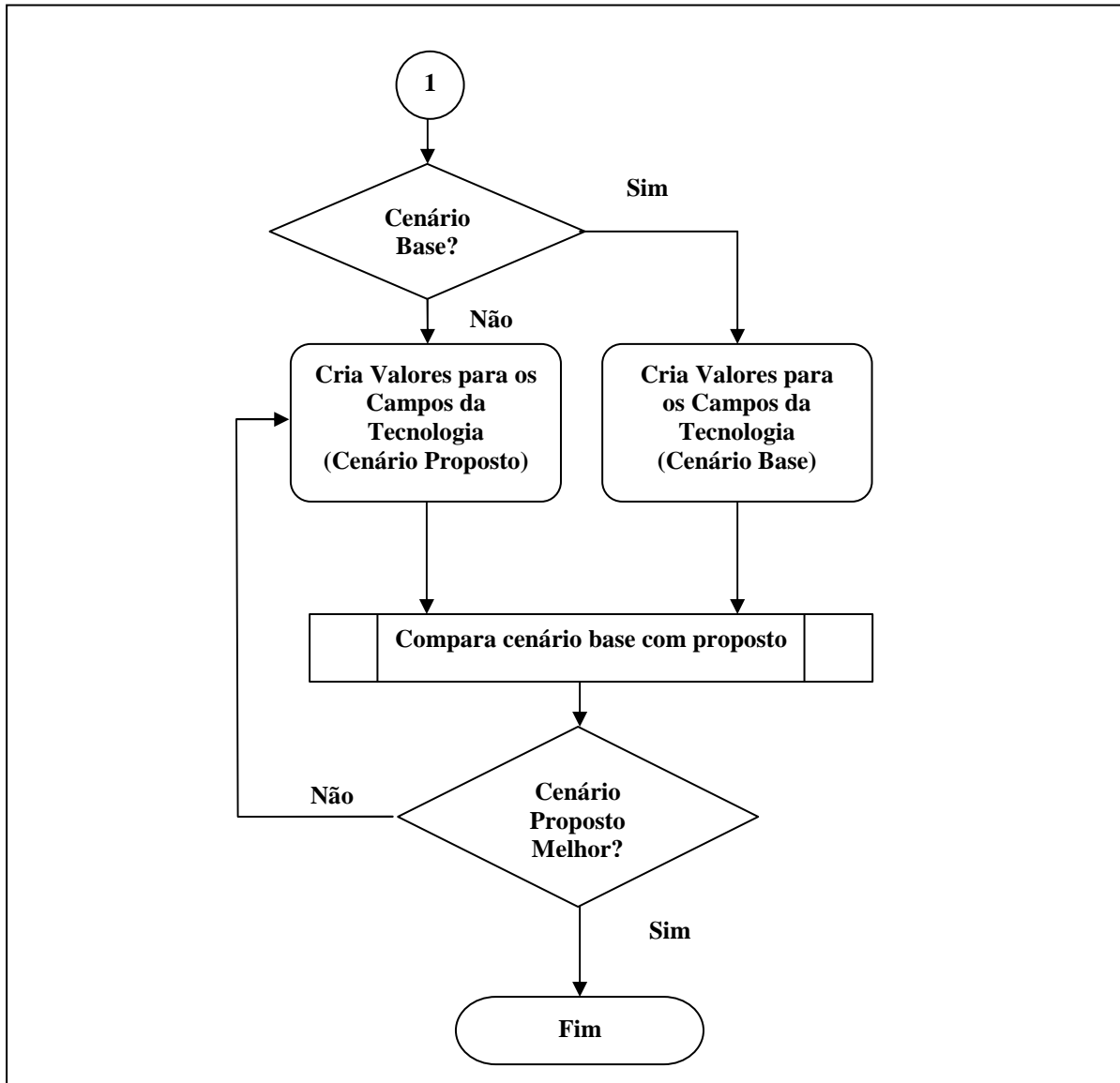


Figura 2.3. Fluxo de Ações para Criação de Cenários – Parte 2.

## 2.4 Adequação do Processo Produtivo e Substituição de Equipamentos

É importante ressaltar o potencial de economia de energia, bem como da otimização de seu uso, que representa a readequação do processo produtivo. Readequações que muitas vezes caracterizam-se pela simplicidade e baixo custo quando executadas. Por exemplo, alterar o horário de funcionamento de um determinado equipamento, que normalmente é

acionado várias vezes ao dia, para ser acionado apenas uma vez (desde que não prejudique o processo produtivo da empresa).

O sistema implementado permite este tipo de readequação de horários dos equipamentos envolvidos no processo produtivo dos clientes. Disponibiliza também, a possibilidade de substituição de parte ou a totalidade dos equipamentos, características dos projetos de eficiência energética. Os aspectos das substituições levados em consideração são:

- substituição de equipamentos obsoletos por equipamentos mais modernos;
- substituição de equipamentos superdimensionados por equipamentos melhor dimensionados para o processo em que estão envolvidos;
- instalação de equipamentos complementares com o objetivo de reduzir o consumo de energia.

Levando a eficiência energética a um patamar global como o descrito, é possível alcançar melhores resultados em economia e redução do desperdício de energia. É importante ressaltar que tanto as substituições como as readequações dos processos produtivos não devem interferir na qualidade do serviço prestado, isto é, o processo produtivo não pode ser prejudicado.

## **2.5 Escopo do Sistema Desenvolvido e Fontes de Dados**

Para atender a seus objetivos o sistema necessita de um conjunto de dados referentes aos clientes da concessionária e aos elementos da rede elétrica. Portanto, é importante descrever, de maneira detalhada, como tais dados serão acessados e consultados para posterior geração de resultados.

Os dados históricos de consumo de energia dos clientes (dados que originam as curvas de carga típicas) mais os dados técnicos dos diversos elementos da rede elétrica (subestações, transformadores e alimentadores) armazenados de várias formas, em diferentes sistemas de banco de dados das concessionárias de energia elétrica, compõem a fonte de informações necessária para a análise supracitada. É importante ressaltar que estes se encontram dispostos de uma maneira que inviabiliza uma análise mais criteriosa no tocante aos efeitos que as ações

de GLD podem produzir, não só para o cliente (lado da demanda), mas também para a concessionária (lado da oferta).

É neste contexto que surge a necessidade de uma melhor organização desses dados por intermédio de um *Data Warehouse* (DW). DW é um conjunto de dados baseado em assuntos específicos, integrado, não-volátil (fixo, isto é, depois de carregados no *data warehouse* os dados geralmente não sofrem alterações), e variável em relação ao tempo e que serve para apoio a decisões gerenciais. O DW é a base do processamento dos Sistemas de Apoio a Decisão (SADs). Com a utilização do DW é possível acessar uma fonte única de dados integrados, o que facilita a tarefa de análise e processamento do SAD (INMON, 1997).

A Figura 2.4 ilustra o escopo das fontes de dados, bem como a readequação, por intermédio do DW, das fontes de dados do sistema:

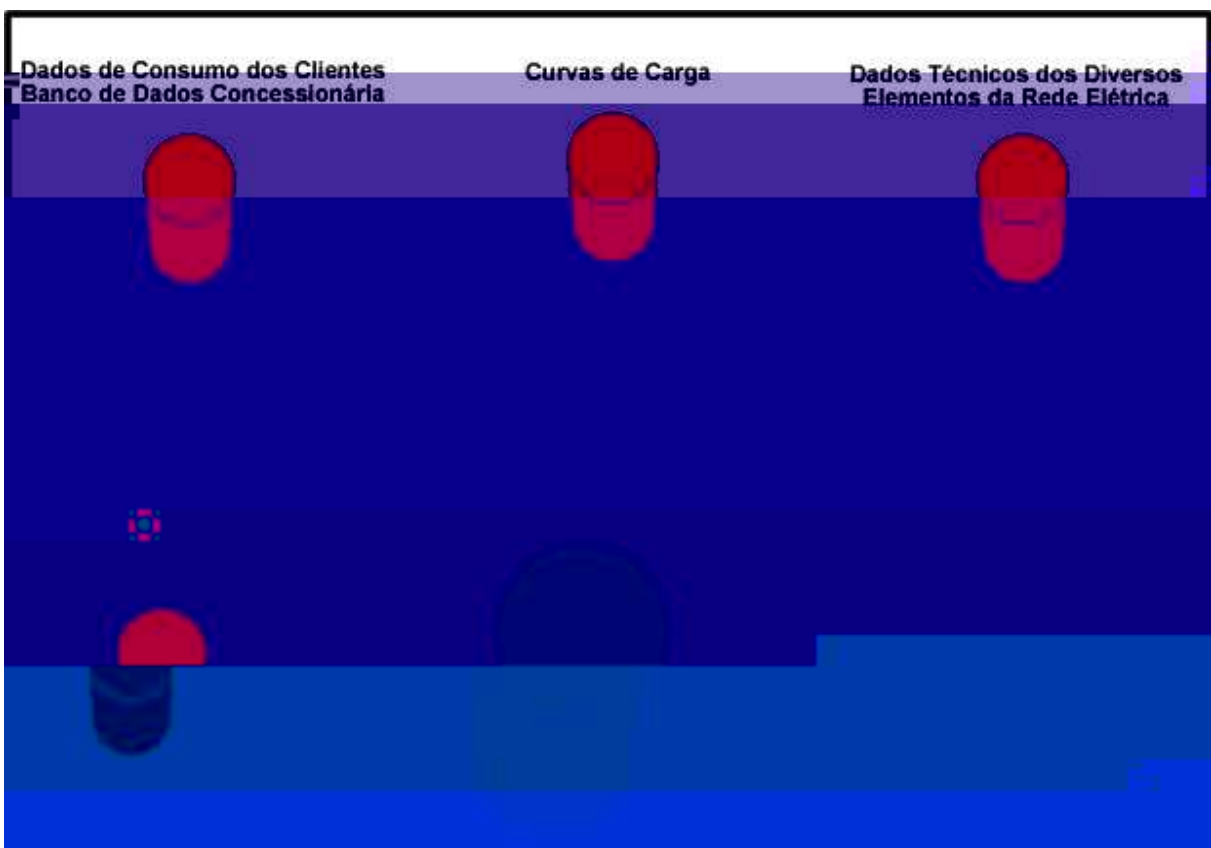


Figura 2.4. Esquema do Projeto do Sistema.

Decidiu-se utilizar como fonte de informações parte do banco de dados desenvolvido durante a execução do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), intitulado “Gestão

de Energia em Programas Anuais de Eficiência Energética e Promoção do Uso Racional de Energia”. Este P&D originou o Sistema de Apoio a Decisão em Gestão de Energia (SIADAGE), desenvolvido pelo Grupo de Planejamento Integrado de Recursos Energéticos (GPIRE) que faz parte do Grupo de Pesquisa em Gestão de Energia (GPGE) da PUCRS. O mencionado banco de dados contém dados reais de uma concessionária do serviço de distribuição de energia elétrica.

Muitas das etapas de *data warehousing* foram executadas durante o desenvolvimento do SIADAGE, portanto poucas readequações foram implementadas. A seguir listam-se as informações do banco de dados do SIADAGE que serão acessadas pelo sistema:

- informações comerciais dos clientes;
- curvas típicas da potência ativa (potência que representa a capacidade do circuito de produzir trabalho) dos elementos da rede (subestações, transformadores de subestações e alimentadores);
- curvas típicas de carga que representam a potência ativa dos clientes;
- dados técnicos dos elementos da rede (subestações, transformadores de subestações e alimentadores).

Conforme exposto, é importante, para melhor performance de um sistema, a readequação da forma como estão dispostos os dados a serem acessados. O processo de transformação dos dados em informações e, posteriormente, em conhecimentos é agilizado e facilitado com as devidas aplicações dos métodos de *data warehouse*.

## **2.6 Aplicações de Sistemas de Apoio à Decisão**

Como mencionado anteriormente o sistema desenvolvido se enquadra na categoria dos SADs. Um sistema semelhante foi desenvolvido por Hernandez (2005). Trata-se de um sistema de apoio à decisão voltado para a gestão de energia, mais especificamente analisando as ações de GLD. Porém, o sistema apresenta um número fixo de ações de GLD implementadas para serem analisadas. Para a inclusão de novas ações de GLD são necessárias profundas alterações nas linhas de código do sistema, na base de dados desenvolvida e na

interface. Já o sistema proposto por esta dissertação não apresenta limites para inclusões de novas ações de GLD para análise. Para tal são necessárias pequenas alterações no código fonte, no entanto não são necessárias alterações no banco de dados e na interface do sistema. Um ponto não abordado no trabalho de Hernandez (2005) é a possibilidade de representação dos cenários produtivos dos clientes, funcionalidade presente no sistema aqui desenvolvido. Também não é possível relacionar as ações de GLD a clientes específicos, isto é, as ações de GLD são analisadas isoladamente. O sistema demonstra o impacto dos resultados das ações de GLD na curva de carga dos elementos da rede, porém de forma estimativa e não condizente com a realidade. A ênfase principal do trabalho foi demonstrar a importância da disposição dos dados em uma base organizada (utilizando *data warehousing*), para que as mesmas sejam analisadas de modo a fornecer subsídios aos gestores da concessionária no tocante a real administração de demanda de energia. Foi exposta uma importante modelagem e diversas orientações a respeito do desenvolvimento de SADs voltados para a gestão de energia elétrica, também foram ressaltadas as origens e formatos dos dados necessários para tal.

Outro exemplo de SAD é o MARK IV que permite uma análise de dados de consumo de energia elétrica em diferentes configurações de instalações elétricas, o mesmo também é capaz de verificar a viabilidade de implantação de medidas que visam a conservação e utilização eficiente de energia (CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS, 2007). O MARK IV analisa viabilidade econômica financeira de um número fixo de instalações sob a ótica do cliente, não sendo possível, como o sistema aqui proposto, realizar novas inclusões de instalações. O usuário deve informar a situação da instalação e também da instalação proposta levando em consideração o aspecto energético e financeiro, conforme isto acontece o sistema disponibiliza dicas de melhoria da instalação. É necessário que o usuário tenha conhecimento dos valores referentes às informações técnicas dos equipamentos que estão sendo substituídos, diferentemente do sistema proposto, que possui em seu banco de dados tais informações. O sistema é destinado a unidades consumidoras residenciais, pequenas e médias empresas, pode ser utilizado isoladamente e encontra-se disponível para *download* no site oficial da ELETROBRÁS. Em resumo o MARK IV auxilia usuários na execução de pequenas ações de eficiência energética. Figura 2.5.

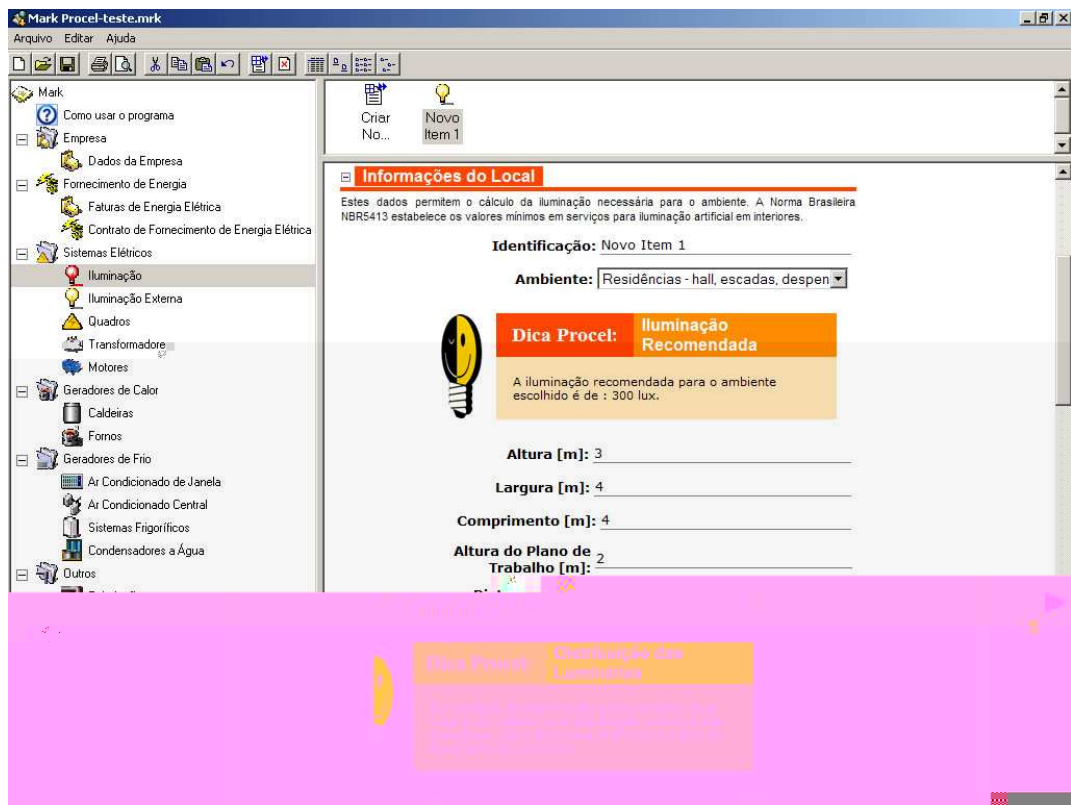


Figura 2.5. Interface MARK IV.

Fonte: (CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS, 2007).

Outro exemplo de SAD é o *Global Emission Model of Integrated Systems* (GEMIS – do inglês Modelo de Emissões Globais para Sistemas Integrados) (GLOBAL EMISSION MODEL FOR INTEGRATED SYSTEMS, 2007). Este SAD é utilizado como auxílio na avaliação de projetos de processos energéticos (geração) e sistemas de transporte. O GEMIS gera como resultado (KAEHLER, 2006):

- avaliação dos impactos ambientais causados pelos projetos de processos de energia e transporte;
- identificação das opções de controle ambiental e as alternativas mais adequadas dos mesmos projetos;
- informações necessárias para analisar a relação custo benefício entre os gastos econômicos e os custos ambientais.

O GEMIS utiliza a representação de cenários gráficos para simulação das possibilidades de aplicação das diversas alternativas de geração de energia, como ilustra a

Figura 2.6, porém foi desenvolvido somente para o lado da oferta de energia elétrica, sem a possibilidade de qualquer tipo de vinculação dos projetos com clientes, característica esta presente no sistema aqui proposto.

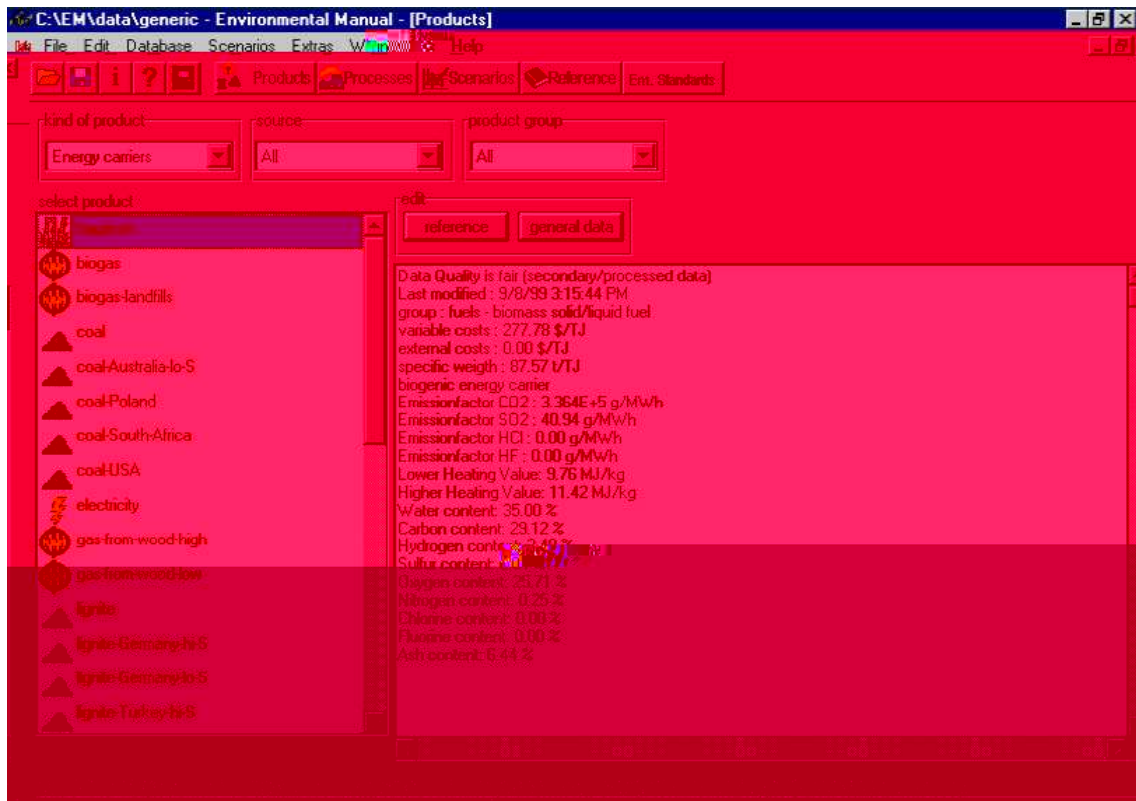


Figura 2.6. Interface GEMIS.

Fonte: (GLOBAL EMISSION MODEL FOR INTEGRATED SYSTEMS, 2007).

Existem diversos SADs com objetivos semelhantes ao sistema desenvolvido, porém nenhum apresenta a possibilidade de análise individual da aplicação das ações de GLD. Nenhum deles leva em consideração as especificidades dos diversos cenários produtivos possíveis nos quais os clientes das concessionárias se inserem.

Neste capítulo foram apresentados os objetivos, motivação e justificativa que regeram o desenvolvimento do trabalho proposto pela presente dissertação. Foi apresentado, também, o cenário onde se insere a dissertação, citando os critérios e indicadores utilizados como base do desenvolvimento da mesma. Finalmente foi apresentada, de maneira detalhada, a origem dos dados acessados pelo sistema.



## Capítulo 3

### 3 Fontes de Dados e Extrapolação dos Resultados

#### 3.1 Introdução

Para gerar as informações referentes ao apoio às decisões dos usuários, o sistema aqui apresentado necessita de uma grande quantidade de dados. Os mesmos advêm de diversas fontes que são mantidas por diferentes setores da concessionária. Sendo assim, é importante o envolvimento de cada um destes setores para facilitar o acesso aos mesmos.

O presente capítulo tem como objetivo apresentar os elementos envolvidos no desenvolvimento do sistema, isto é, os dados e informações necessárias para o funcionamento do mesmo, são eles:

- curvas de carga típicas dos clientes e dos elementos da rede;
- informações cadastrais e comerciais dos clientes;
- informações técnicas dos elementos da rede.

Outra questão que deve ser observada no desenvolvimento de um sistema que possui várias fontes de dados é a diversidade com que os mesmos se apresentam. Por exemplo, armazenados em sistemas de banco de dados como *Oracle* ou *MySQL*, armazenados em arquivos no formato Excel e, até mesmo, arquivos no formato texto. Sugere-se então a padronização do formato de dados de entrada, o mesmo pode ser feito por intermédio da criação de um vocabulário XML.

#### 3.2 Curvas de Carga Típicas

A necessidade do conhecimento do comportamento da carga é um fator determinante para qualquer metodologia ou ferramenta que vise reduzir perdas no sistema elétrico, o gerenciamento da demanda, ações de remanejamento de carga, entre outros. Além disso, a determinação da estrutura tarifária através da metodologia de custos marginais, juntamente

com ações para combater o desperdício de energia, exige um estudo adequado da forma de utilização da energia elétrica nos diversos segmentos econômicos do mercado da concessionária, pois a empresa de distribuição deve atender seus consumidores com requisitos de qualidade e continuidade adequados (KAEHLER, 2005).

É nesse contexto que o sistema terá como uma de suas fontes de dados um banco onde estão contidas as informações de curvas típicas de carga, tanto dos clientes quanto dos elementos que compõem a rede elétrica (subestações, transformadores de subestações e alimentadores).

É importante mencionar que serão executadas apenas consultas no referido banco de dados, isto é, não será feito nenhum tipo de alteração na base de dados. A versão do sistema aqui apresentado não possui as funcionalidades de aquisição e confecção de curvas típicas de carga.

As consultas a esse banco de dados permitirão a representação gráfica das curvas típicas de carga dos clientes e dos elementos da rede antes e posteriormente a execução das ações de GLD, de maneira simulada.

A interface do sistema apresenta as curvas típicas de carga na forma de gráfico com duas linhas. A primeira linha representa a curva de carga do cliente na situação atual, a segunda representa a curva de carga com os efeitos das ações de GLD. De maneira análoga aos parâmetros financeiros e energéticos, a curva de carga típica é atualizada conforme as alterações são efetuadas nas ações de GLD dos clientes em estudo.

### **3.2.1 Curvas de Carga Típicas dos Clientes**

As informações referentes às curvas típicas de carga dos clientes serão consultadas do banco de dados criado para o SIADAGE. Tratam-se, como mencionado, de informações reais pertencentes a clientes de uma concessionária de distribuição de energia elétrica.

Para proceder a carga de informações do banco de dados das curvas típicas o SIADAGE utiliza como fonte de dados os arquivos públicos<sup>2</sup> de medições dos clientes monitorados. Com base nesses arquivos é possível produzir as curvas típicas de carga de cada cliente com o objetivo de caracterizá-los conforme seu comportamento energético.

Cada arquivo público possui o número do medidor que o gerou, este número consta nas informações comerciais dos clientes localizadas no banco de dados da concessionária, portanto é possível estabelecer o vínculo entre os arquivos públicos e os clientes.

A Figura 3.1 ilustra a seqüência de procedimentos executados pelo SIADAGE na aquisição, geração, análise e armazenamento no banco de dados das curvas típicas de carga dos clientes da concessionária.

Os dados obtidos dos arquivos públicos constituem-se em séries temporais discretas representativas dos diferentes clientes horosazonais da concessionária (aqueles nos quais se aplicam tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano).

Para o usuário do sistema é importante conhecer as especificidades das cargas dos clientes, pois isto se converte em um subsídio no momento de analisar o comportamento de consumo de cada um deles. Com tal conhecimento é possível pré-selecionar as ações de GLD a serem atribuídas, facilitando e qualificando assim o resultado após a aplicação de tais ações.

O banco de dados do SIADAGE permite a caracterização das curvas de carga típicas dos clientes, de maneira individual, com os seguintes tipos:

- mensal;
- época do ano em particular;
- por dias típicos (de segunda-feira a sexta-feira ou finais de semana).

---

<sup>2</sup> Arquivos públicos são arquivos binários padronizados pela NBR 14522 de 2000. Esta norma define o padrão de intercâmbio de informações no sistema de medição de energia elétrica brasileiro. O objetivo é estabelecer compatibilidade entre os sistemas e equipamentos de medição de energia elétrica dos diferentes fabricantes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000).

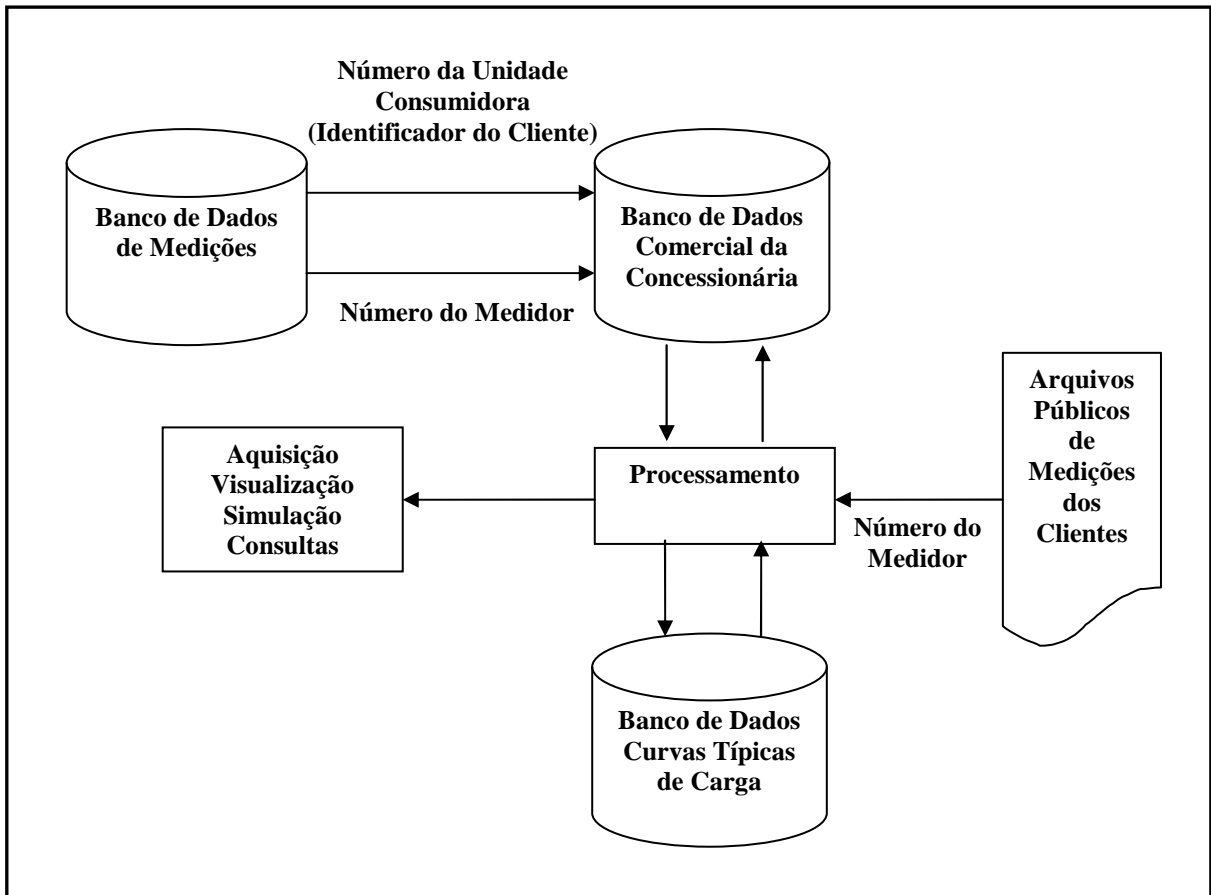


Figura 3.1. Representação da Integração com o Banco de Dados de Curvas de Carga.

Fonte: (KAEHLER, 2005).

O banco de dados do SIADAGE permite também a caracterização das curvas típicas de carga para grupos de clientes com os seguintes tipos:

- por classe de consumo;
- por faixa de consumo;
- atividade econômica (definida pelo Código Nacional de Atividade Econômica);
- tensão de fornecimento;
- tarifa.

O banco de dados do SIADAGE ainda permite expressar em gráficos as curvas típicas de carga se utilizando das potências ativa, reativa e aparente (eixo das cotas) representadas em intervalos de 15 minutos (eixo das abscissas), como ilustra o Gráfico 3.1.

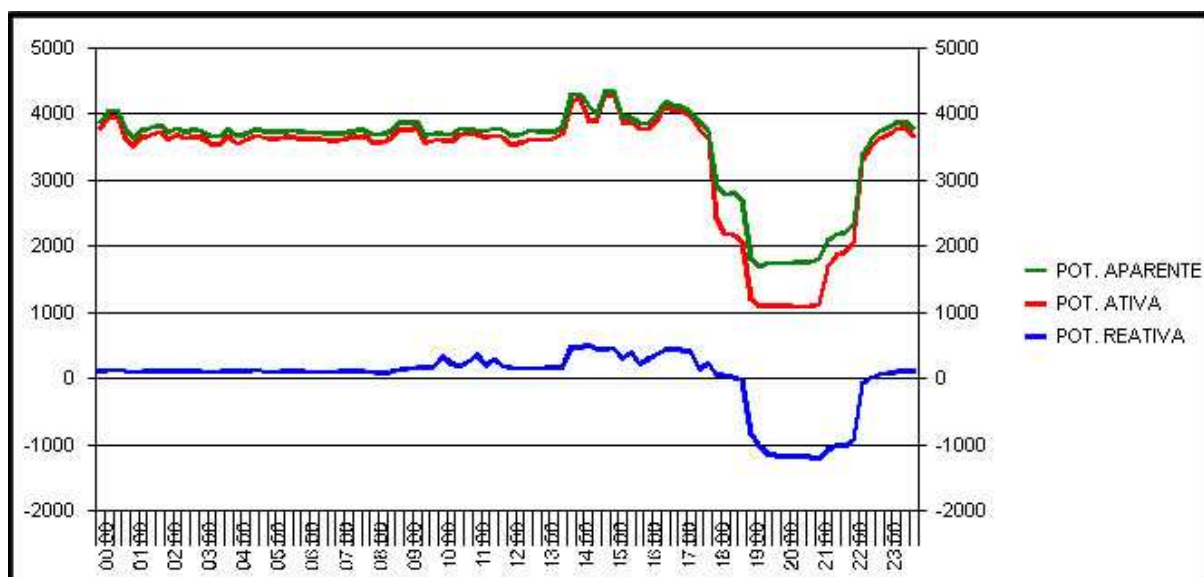


Gráfico 3.1. Curva de Carga Típica.

Fonte: SIADAGE.

Já no sistema, aqui apresentado, se definiu disponibilizar para visualização somente a potência ativa, pois é esta potência que representa a capacidade do circuito de produzir trabalho em um determinado período de tempo. Definiu-se, também, utilizar o período de integração igual a uma hora.


O objetivo principal, no tocante a consulta e análise de curvas de carga dos clientes da concessionária pelo usuário do sistema, é buscar o melhor conhecimento do comportamento de consumo dos mesmos. Ao usuário do sistema será permitido identificar os indicadores energéticos que demonstrem de que forma os clientes estão utilizando a energia elétrica.

Em uma segunda etapa de análise, pode-se ter uma idéia do potencial de economia possível de ser alcançado em virtude da aplicação de uma determinada ação de GLD no cenário produtivo do cliente em questão.

### 3.2.1.1 Aquisição das Curvas Típicas de Carga

O primeiro passo do processo de aquisição das curvas típicas de carga consiste na obtenção dos arquivos públicos de um ou de um grupo de clientes da concessionária. Estes arquivos são gerados pelos medidores instalados nos clientes horosazonais e, posteriormente, são utilizados pelas concessionárias com objetivo de contabilizar o consumo dos clientes.

O SIADAGE procede a leitura dos arquivos públicos disponibilizando para o usuário o conteúdo dos mesmos, como ilustrado na Figura 3.2.



| Data       | Hora     | Canal 1 | kWh   | Canal 2 | KVARh | Canal 3 |
|------------|----------|---------|-------|---------|-------|---------|
| 07/03/2006 | 00:50:00 | 57      | 54.72 | 49      | 47.1  |         |

Figura 3.2. Exibição dos Dados de Medições do Cliente.

Fonte: (KAEHLER, 2005).

Antes da leitura do arquivo, o SIADAGE executa as seguintes verificações de consistências:

- verifica se o arquivo selecionado obedece aos padrões da ABNT que regem a confecção de arquivos desse tipo;
- verifica se o número do medidor do cliente está cadastrado no banco de dados de clientes da concessionária, pois é este número que vincula os dados a serem lidos ao cliente em questão.

O SIADAGE permite que o usuário defina o período de integração com que os dados serão armazenados no banco de dados. Normalmente os arquivos públicos apresentam integração de 5 em 5 minutos, porém o SIADAGE permite integração em períodos maiores, por exemplo, de 10 em 10 minutos, 15 em 15 minutos, de hora em hora, etc.

Após a inserção dos dados de medição no banco de dados, o SIADAGE apresenta algumas informações do cliente, como ilustra a Figura 3.3.



Figura 3.3. Informações e Cadastros de Clientes.

Fonte: (KAEHLER, 2005).

Os dados de medições dos clientes são armazenados em uma estrutura de dados relacional que é consultada posteriormente para a geração das curvas de carga típicas, como mostra o Anexo 2.

### 3.2.2 Curvas de Carga Típicas dos Elementos da Rede

A geração das curvas típicas de carga dos elementos da rede, mais especificamente, das subestações, dos transformadores de subestações e dos alimentadores, é realizada pelo SIADAGE de maneira análoga à geração das curvas dos clientes, isto é, a mesma metodologia é utilizada.

Porém as duas situações são diferenciadas pela fonte de dados de medições para a geração das curvas. Neste caso, as medições dos elementos da rede, foram disponibilizadas pela concessionária armazenadas em arquivos do tipo *xls*, do programa *Excel*.

O banco de dados do SIADAGE permite a caracterização das curvas típicas de carga dos elementos da rede elétrica com os seguintes tipos:

- mensal;
- época do ano em particular;

- por dias típicos (de segunda-feira a sexta-feira ou finais de semana).
- por classe de consumo dos clientes atendidos pelo elemento em questão;
- por faixa de consumo dos clientes atendidos pelo elemento em questão;
- atividade econômica (definida pelo Código Nacional de Atividade Econômica) dos clientes atendidos pelo elemento em questão;
- tensão de fornecimento dos clientes atendidos pelo elemento em questão;
- tarifa dos clientes atendidos pelo elemento em questão.

O sistema disponibiliza aos usuários acesso às informações de curvas típicas de carga dos elementos da rede, da mesma forma que são disponibilizadas as curvas dos clientes, como ilustra a Figura 3.4.

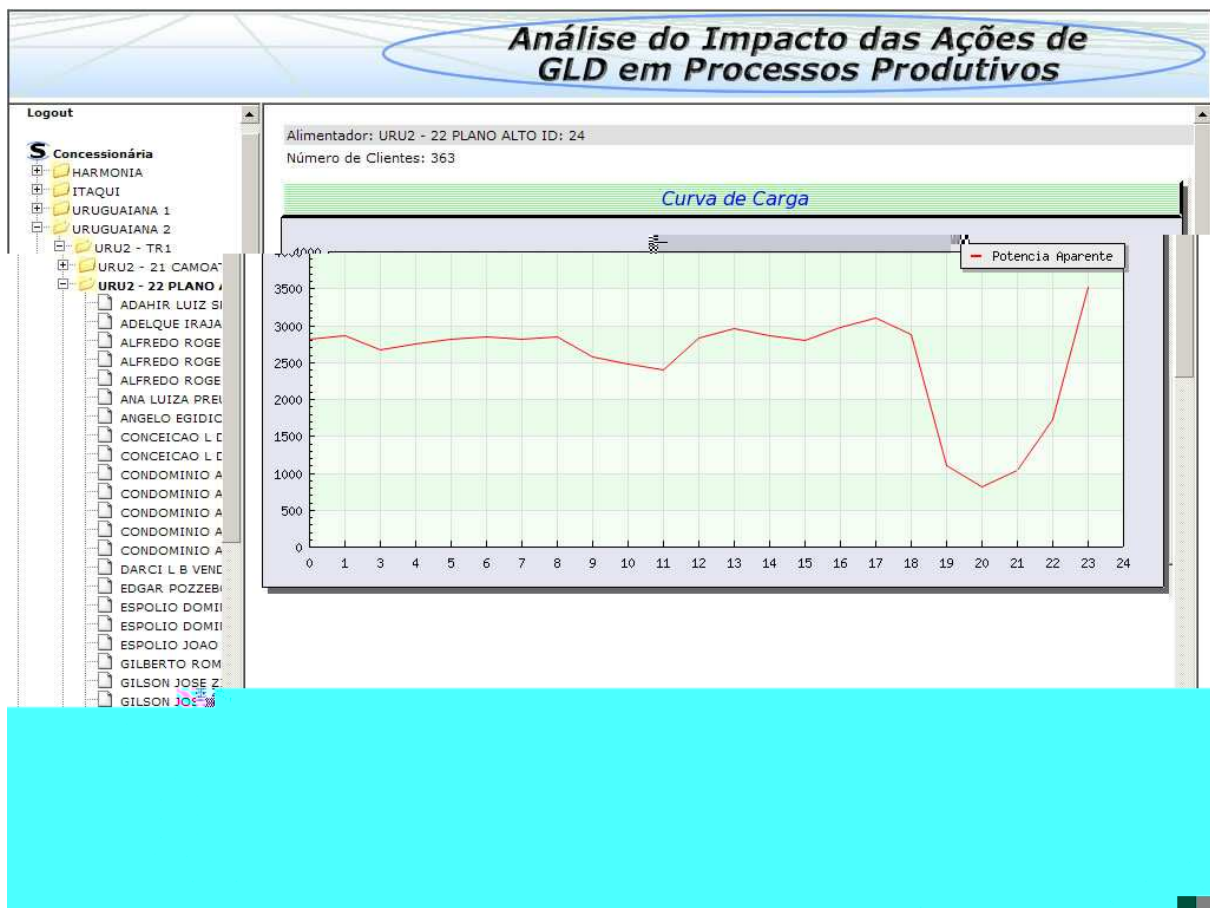


Figura 3.4. Curva Típica de Carga do Elemento da Rede Elétrica (Alimentador).



Novamente o objetivo é subsidiar os usuários do sistema na distinção das regiões com maior potencial de economia, isto é, aquelas mais suscetíveis e mais sensíveis à implantação de ações de GLD.

### **3.3 Informações Cadastrais e Comerciais dos Clientes**

As informações cadastrais e comerciais dos clientes também serão acessadas diretamente do banco de dados desenvolvido para o SIADAGE. As mesmas foram disponibilizadas pela concessionária na forma de arquivos do tipo *dump*<sup>3</sup>.

Com as devidas consultas ao referido banco de dados, é possível disponibilizar ao usuário do sistema informações mais detalhadas a respeito dos elementos da rede elétrica (Subestações, Transformadores de Subestações e Alimentadores). Informações referentes, por exemplo, ao número de clientes que cada um dos elementos atende e qual a carga está sendo atendida.

As informações passíveis de serem apresentadas para o usuário do sistema, por intermédio da consulta ao banco de dados, são as seguintes:

- o número de clientes atendidos pelo elemento da rede;
- quantidade de clientes classificados por classe (Industrial, Comercial, Residencial, Setor Público e Rural);
- participação no consumo por classe (Industrial, Comercial, Residencial, Setor Público e Rural);
- as atividades econômicas mais representativas na região abrangida pelo elemento da rede.

---

<sup>3</sup> *Dump* é utilizado para registrar, em um momento específico, o conteúdo inteiro ou parcial de um banco de dados em outro banco de dados (FANDERUFF, 2003).

Todas as informações acima mencionadas, assim como as informações das curvas típicas de carga, serão de grande importância, pois subsidiarão na seleção das regiões com potencial de economia de energia. As informações quantitativas referentes aos clientes e as informações de consumo – para facilitar a visualização e propiciar um melhor entendimento por parte do usuário – serão apresentadas na forma de gráficos de *pizza*, como ilustra a Figura 3.5.

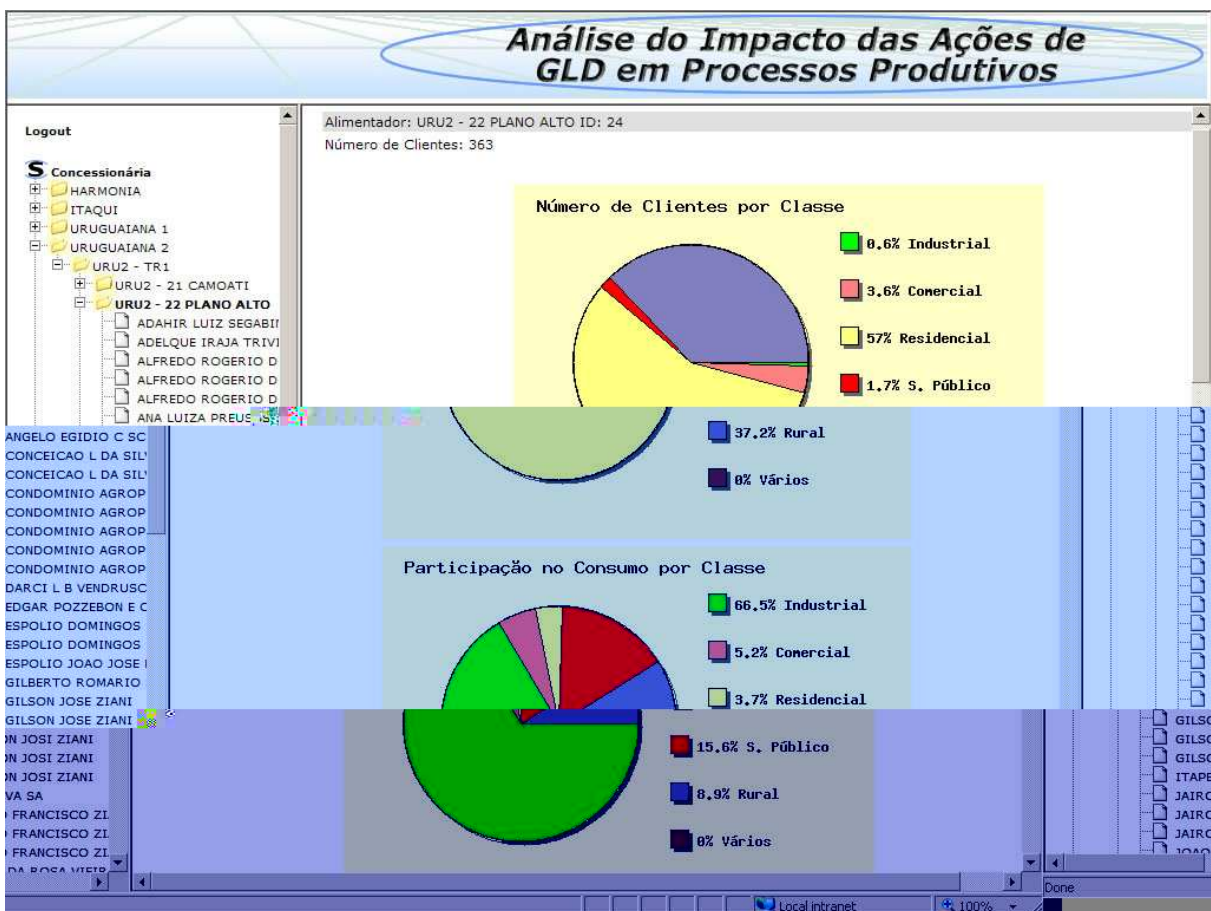


Figura 3.5. Informações Quantitativas de Clientes e Participação no Consumo.

As informações acima apresentadas constituem-se em mais um auxílio ao usuário na identificação e conhecimento das regiões mais suscetíveis à aplicação das ações de GLD nos cenários produtivos dos clientes que as compõem.

### 3.4 Informações Técnicas dos Elementos da Rede

O SIADAGE também apresenta um banco de dados onde são armazenadas as informações técnicas e de geo-referenciamento dos elementos da rede elétrica da concessionária. Estes dados originam-se do Sistema de Informação Geográfica (GIS do inglês *Geographic Information System*) da concessionária em formato texto.

Para o sistema desenvolvido são importantes as informações que vinculam os elementos da rede entre si, pois é importante disponibilizar visualmente para o usuário a conformação hierárquica da rede da rede elétrica. São elas:

- das Subestações:
  - ID = Código numérico de identificação da Subestação;
  - NOME = Nome da Subestação;
- dos Transformadores das subestações:
  - ID = Código numérico de identificação do Transformador de Subestação;
  - COD = Nome do Transformador de Subestação;
  - SNON = Potência aparente nominal do Transformador de Subestação;
  - ID\_SE = Código de identificação da Subestação correspondente.
- dos Alimentadores (Circuito):
  - ID = Código numérico de identificação do Alimentador;
  - FEEDERNAME = Nome do alimentador;
  - ID\_SE = Código numérico de identificação da Subestação correspondente;

- ID\_TRAFO\_SE = Código numérico de identificação do Transformador de Subestação correspondente.

É com base nessas informações que será possível, através de consultas ao banco de dados SIADAGE, apresentar de maneira visual e hierárquica a composição da rede elétrica (levando-se em consideração os elementos acima descritos) como ilustra a Figura 3.6.

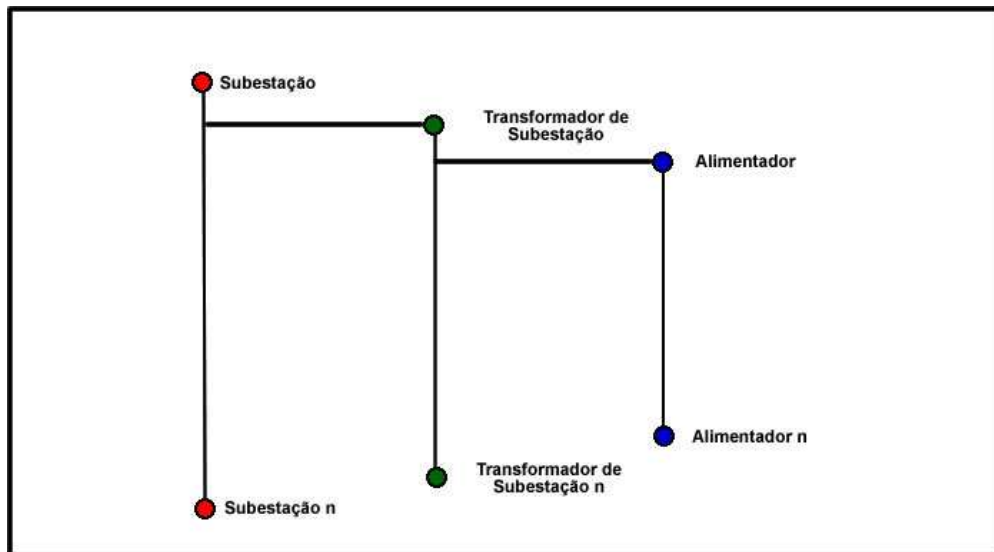


Figura 3.6. Hierarquia dos Elementos da Rede Elétrica.

A conformação hierárquica dos elementos da rede elétrica da concessionária de energia elétrica, na sua totalidade ou de maneira parcial, se apresenta no sistema como ilustra a Figura 3.7.

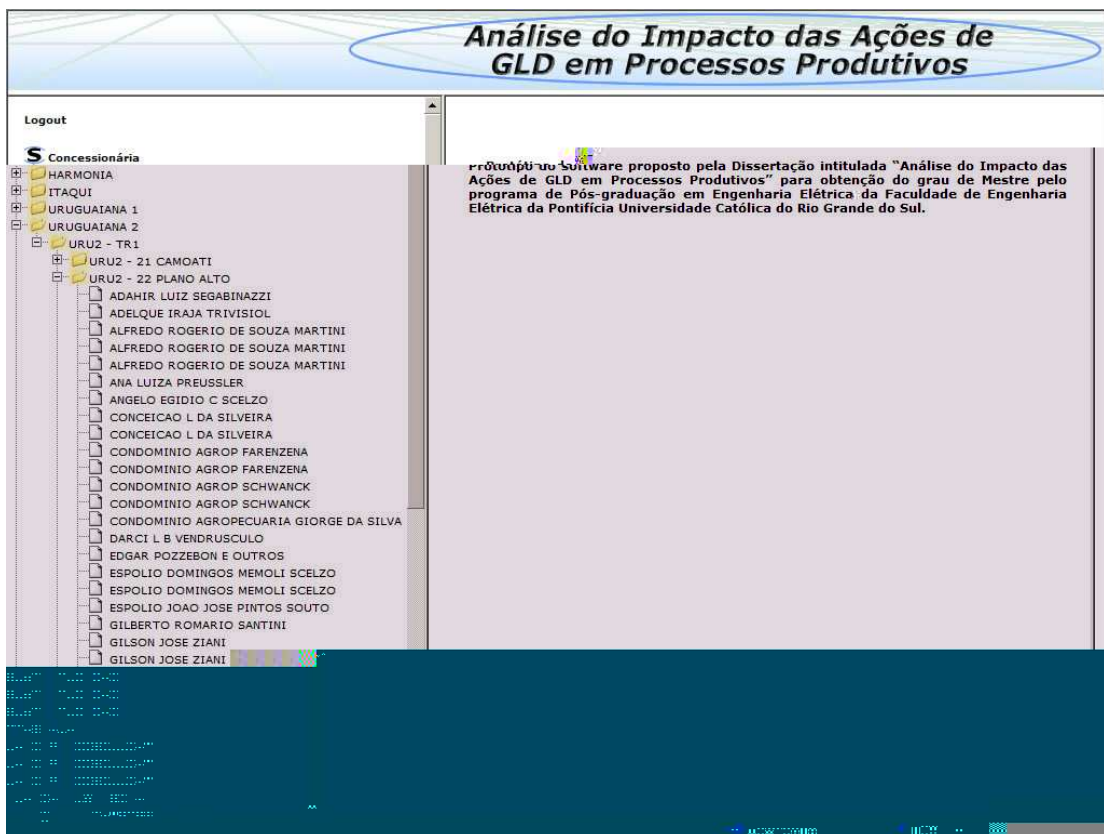


Figura 3.7. Hierarquia dos Elementos da Rede Elétrica no Sistema.

A representação gráfica da disposição hierárquica dos elementos da rede pode ser considerada como mais uma ferramenta para o usuário, pois ela também auxilia no conhecimento da região atendida pelos mesmos.

### 3.5 Procedimentos de Identificação da Região Objeto de Estudo

O sistema representa, através de sua interface, uma seqüência de procedimentos que devem ser executados pelo usuário para identificação das regiões com maior potencial de economia de energia. Para tanto, é desejável que o usuário tenha certo conhecimento do comportamento de consumo dos clientes das regiões em análise.

Servem de subsídio para as análises do usuário as curvas típicas de carga dos elementos da rede, as informações resultantes das consultas ao banco de dados cadastrais e comerciais dos clientes e as curvas típicas de carga dos clientes. De posse destas informações e de seus conhecimentos prévios a respeito da região o usuário pode estabelecer seus critérios na busca pelas regiões com consumo de energia mais elevado, ou seja, aquelas com maior

potencial de economia de energia se aplicadas ações de GLD nos clientes que a compõe. A seqüência de procedimentos pode ser definida da seguinte forma:

- seleciona-se uma Subestação (levando em consideração os conhecimentos prévios do usuário), procede-se a análise da Curva Típica de Carga (CTC) e verificação das informações detalhadas da mesma (quantidade de clientes, quantidade de clientes por classe de consumo, participação dos clientes por classe de consumo e a lista das atividades econômicas classificadas por consumo). Em sua avaliação o usuário tem a seu dispor as informações anteriormente citadas, se a região de atendimento da Subestação apresentar-se suscetível a aplicação de ações de GLD, ou seja, apresentar potencial de economia de energia, por exemplo, a região apresenta consumo superior a regiões semelhantes, segue-se para o próximo passo, senão repete-se o passo atual;
- seleciona-se o Transformador da Subestação, procede-se a análise da CTC e verificação das informações detalhadas do mesmo (de maneira análoga ao passo anterior). Se a região de atendimento do Transformador apresentar-se suscetível a aplicação de ações de GLD segue-se para o próximo passo, senão repete-se o passo atual, sempre quem decide é o usuário, o sistema age como um elemento de subsidio nas várias premissas necessárias para as tomadas de decisão;
- seleciona-se o Alimentador, procede-se a análise da CTC e verificação das informações detalhadas do mesmo (igualmente ao passo anterior, isto é, os mesmos critérios são utilizados pelo usuário). Se a região de atendimento do Alimentador apresentar-se suscetível a aplicação de ações de GLD segue-se para o próximo passo, senão repete-se o passo atual;
- seleciona-se o Cliente para análise, com base em sua curva de carga e nos critérios utilizados pelo usuário, por exemplo, consumo distinto de clientes com as mesmas características, para aplicação e execução das ações de GLD.

A seqüência de procedimentos que deve ser executada pelo usuário para a identificação das regiões mais propícias ao desenvolvimento das ações de GLD nos processos produtivos dos clientes é ilustrada no fluxograma contido na Figura 3.8.

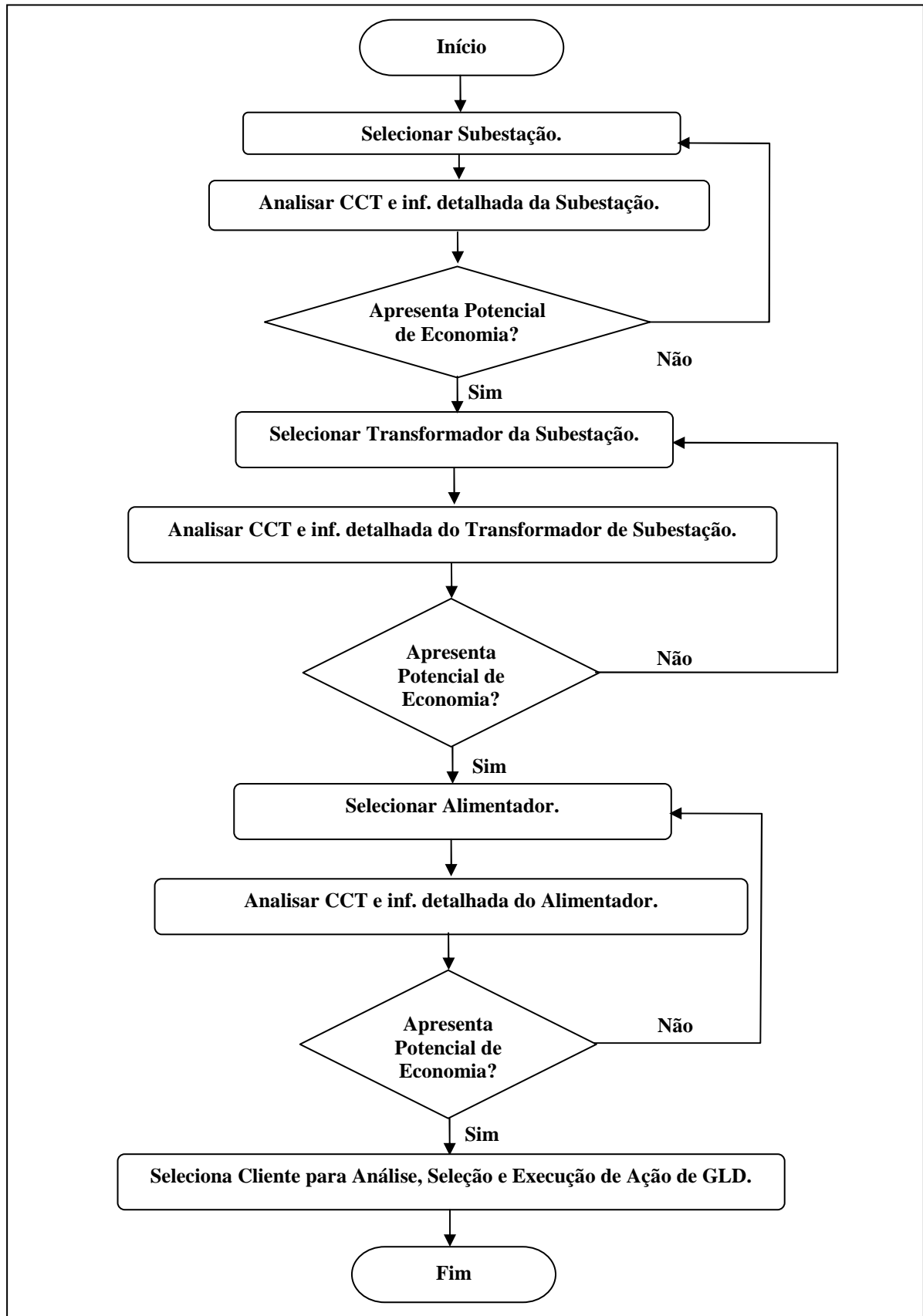


Figura 3.8. Fluxograma Sugestão de Utilização das Informações.

### 3.6 Extrapolação de Resultados

Os dados referentes aos resultados obtidos com a aplicação das ações de GLD são armazenados em um banco de dados desenvolvido para tal, o mesmo também serve como repositório para as informações concernentes à representação das ações de GLD. Este banco de dados pode ser visualizado, através de seu Diagrama Entidade Relacional, no Anexo 3.

Os dados e informações foram organizados de forma a permitirem a execução de extrapolações destes resultados para grupos de clientes. O intuito é mensurar o impacto energético na rede elétrica caso as ações de GLD sejam aplicadas em uma quantidade maior de clientes. As extrapolações são feitas dentro de grupos segmentados de clientes, sendo que o agrupamento segue regras determinadas com o objetivo de separar os clientes levando em consideração as características que os mesmos têm em comum. As características consideradas são as seguintes:

- pela Classificação Nacional de Atividade Econômica (CNAE) dos clientes, agrupa os clientes em função da atividade econômica em que estão inseridos, tendo em vista a grande disparidade nas características de consumo apresentadas por cada uma das atividades;
- por classe de demanda dos clientes, depois de agrupar pela classe da CNAE, é realizado um agrupamento por demanda lida. A divisão é feita da seguinte forma:
  - 1 kW a 49 kW;
  - 50 kW a 99 kW;
  - 100 kW a 199 kW;
  - 200 kW a 499 kW;
  - 500 kW a 999 kW;
  - Maior que 1000 kW.



- por região de abrangência dos elementos da rede que servem aos clientes, finalmente, depois dos agrupamentos anteriores, os clientes são agrupados em função dos elementos da rede que os servem garantindo assim, que a extrapolação será executada em regiões com as mesmas características geográficas e climáticas que também influenciam no consumo.

É possível segmentar o grupo de clientes e, conseqüentemente quantificá-los, em função de consultas aos bancos de dados comercial e dos elementos da rede da concessionária. Cada um dos clientes da concessionária gera um registro na tabela principal do banco de dados comercial. Esta tabela possui diversas informações importantes, como por exemplo a demanda lida mensal, o consumo mensal, o nome do alimentador responsável pelo atendimento do cliente, etc.

Já as informações referentes aos resultados energéticos e financeiros obtidos em cada um das ações de GLD realizadas em cada um dos clientes são armazenadas no banco de dados mencionado anteriormente (Anexo 3). A tabela responsável especificamente pelo histórico destes resultados é a CONJUNTO\_TEC\_FORMACAO que é ilustrada na Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Histórico dos Ganhos Energéticos e Financeiros Resultantes da Execução das Ações de GLD.

| <b>Tabela: CONJUNTO_TEC_FORMACAO</b> |   |
|--------------------------------------|---|
| <b>Campos</b>                        | <b>Descrição</b>  |
| ID_CONJUNTO_TEC_FORMACAO             | Índice da tabela  |
| NUC                                  | Número de identificação do cliente (Número da Unidade Consumidora)  |
| OID                                  | Identificador do alimentador ao qual o cliente está vinculado       |
| ID_CLASSE_DEMANDA                    | Identificador da classe de demanda à qual pertence o cliente        |
| DESCRICAO                            | Descrição da ação de GLD realizada                                  |
| ENERGIA_ECONOMIZADA                  | Total da energia economizada em função da execução das ações de GLD |
| DEMANDA_EVITADA                      | Total da demanda evitada em função da execução das ações de GLD     |
| INVESTIMENTO_TOTAL                   | Total de investimentos.   |
| INVESTIMENTO_ANUALIZADO              | Investimento anualizado   |
| INVESTIMENTO_EVITADO                 | Total do investimento evitado em função da execução da ação de GLD  |
| RCB                                  | Relação custo benefício resultante da execução da ação de GLD       |

É possível assim obter uma média dos resultados obtidos com a aplicação das ações de GLD nos clientes para extrapolar de maneira linear para um grupo de clientes maior. É importante mencionar que tanto o agrupamento quanto o cálculo da média dos resultados são obtidos por intermédio das regras de agrupamento mencionadas anteriormente (por classes da CNAE, por classe de consumo e por região de abrangência dos elementos da rede).

De maneira resumida, os resultados energéticos e financeiros obtidos com a aplicação das ações de GLD nos clientes da concessionária de maneira individual ou em pequenos grupos podem ser refletidas para grupos maiores. Trata-se de uma simulação do impacto das ações de GLD caso um número maior de clientes também fosse alvo das mesmas.

De posse das informações anteriormente citadas, é possível medir o impacto energético das ações de GLD tanto nas curvas típicas de carga dos clientes quanto dos elementos da rede. O que vem proporcionar aos usuários uma visão, na forma de gráficos, da situação futura da rede caso determinadas ações e em determinadas quantidades fossem executadas. A Figura 3.9 ilustra de maneira esquemática a origem dos dados e informações.

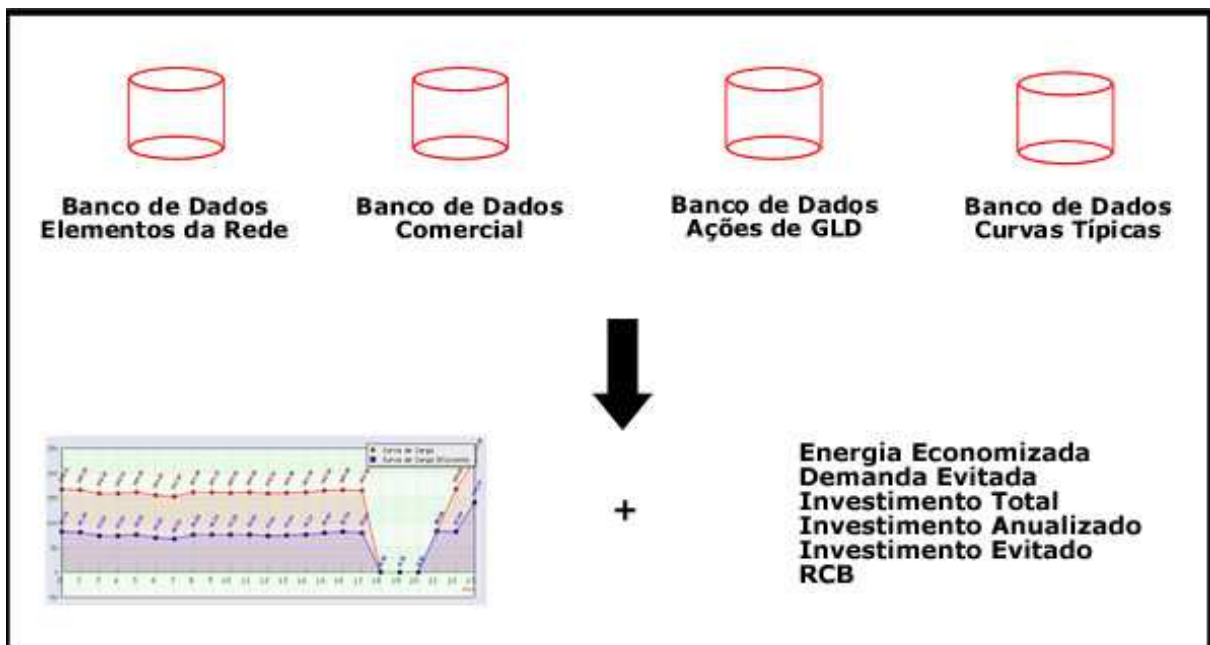


Figura 3.9. Extrapolação de Resultados.

### 3.7 Padronização dos Dados de Entrada

Diferentes políticas de acesso às bases de dados são adotadas pelas empresas concessionárias de energia elétrica, portanto é possível que o acesso direto à totalidade das informações necessárias, para o funcionamento do sistema, não seja permitido. Esta situação obriga a confecção de arquivos de diferentes tipos para serem importados pelo sistema.

Outra situação, que pode representar dificuldades para o funcionamento de um sistema como este, são as ligações fracas de informações entre os diversos setores das empresas concessionárias. Estes problemas são ocasionados pela utilização de diversos sistemas de operação, bancos de dados e interfaces de aplicações de programas que, na maioria das vezes, não são integrados.

Com o objetivo de solucionar os problemas expostos se sugere a criação de um dicionário XML<sup>4</sup> para padronizar a entrada de dados no sistema desenvolvido. O dicionário pode ser utilizado na situação em que não é permitido o acesso direto ao banco de dados com o objetivo de padronizar os arquivos para importação. Outra situação é quando a consulta ao banco de dados é permitida, neste caso o dicionário padronizaria os resultados das consultas às diversas bases de dados da concessionária.

Outra vantagem da utilização de um dicionário XML para padronização dos dados de entrada do sistema é a possibilidade de adequação do mesmo para diferentes concessionárias, facilitando o processamento dos dados tanto pelo sistema como por pessoas.

Os dados passíveis de serem padronizados por intermédio de um dicionário XML são:

- aquisição dos dados de medições de clientes (arquivos públicos);
- aquisição dos dados de medições dos elementos da rede;
- aquisição dos dados técnicos e geo-referenciados dos elementos da rede;

---

<sup>4</sup> A eXtensible Markup Language (XML) é uma linguagem que foi desenvolvida pelo *World Wide Web Consortium* (W3C) para solucionar os problemas de limitações da HTML (MARCHAL, 2000).

- aquisição dos dados comerciais dos clientes da concessionária.

O mencionado dicionário XML não foi criado para a versão do sistema desenvolvido, pois os dados disponíveis pertenciam apenas a uma concessionária de energia. Este fator inviabilizaria os testes de funcionamento do mesmo, portanto optou-se pelo não desenvolvimento.

Este capítulo apresentou, de maneira detalhada, os diversos elementos envolvidos no desenvolvimento do sistema, aqueles que permitem a geração das informações propostas pela presente dissertação. Detalhou-se também o processo de utilização do sistema objetivando atingir melhores resultados na identificação das regiões onde serão aplicadas as ações de GLD.

Por fim, descreveu as regras que regem a extrapolação dos resultados obtidos com a aplicação das ações de GLD e apresentou, como sugestão a criação de uma padronização da entrada dos dados no sistema buscando a sua adequação e utilização, de forma mais simples, em diferentes concessionárias.

## Capítulo 4

### 4 Metodologia e Desenvolvimento do Projeto

#### 4.1 Introdução

Tão importante quanto o sistema desenvolvido, como mencionado anteriormente, é o projeto que o antecede, pois é este que disponibiliza subsídios para adequação do sistema às novas demandas e necessidades. As características dinâmicas exigidas pelo mesmo devem estar intrínsecas ao projeto desde o seu início, sendo assim, a diversidade dos cenários produtivos, tipos de clientes, ações de GLD devem estar contempladas no projeto.

Com o objetivo de agilizar e facilitar ao máximo possível as alterações e as inclusões dos cenários produtivos e das ações de GLD, o projeto do sistema contempla as seguintes necessidades:

- criação de novas representações de ações de GLD tendo como base a análise de diagnósticos energéticos;
- criação de novas representações de cenários produtivos tendo como base, também a análise de diagnósticos energéticos;
- vinculação dos novos cenários produtivos criados aos clientes;
- vinculação dos cenários produtivos a grupos de clientes.

Constitui-se assim uma seqüência de procedimentos que deve ser observada pelo projeto do sistema. A mesma se apresenta ilustrada no fluxograma contido na Figura 4.1.

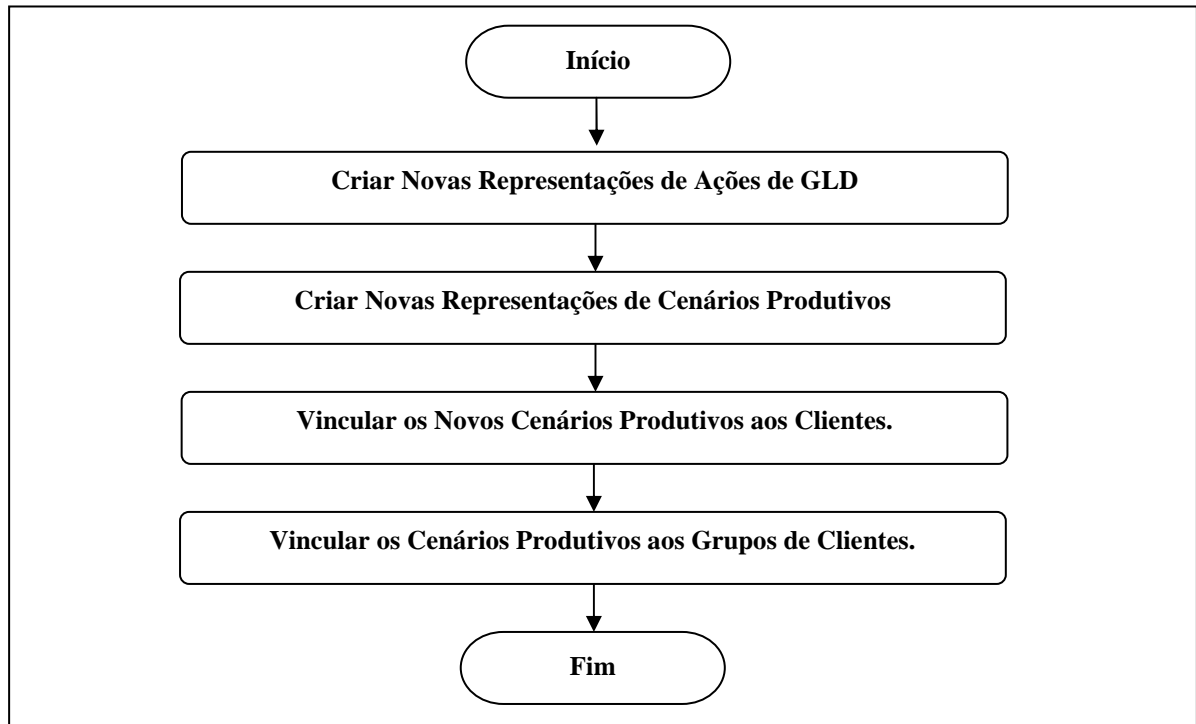


Figura 4.1. Seqüência de Procedimentos.

Para desenvolver o projeto do sistema proposto definiu-se utilizar a modelagem Orientada a Objetos com a *Unified Modeling Language* (UML). A UML é definida pela OMG<sup>5</sup> como uma linguagem padronizada para especificar, visualizar, construir e documentar todos os componentes de um sistema de sistema (DEBONI, 2003).

Definiu-se utilizar a modelagem Orientada a Objetos com a UML em função dos objetivos definidos para a mesma pela OMG, são eles:

- oferecer aos desenvolvedores uma linguagem de modelagem visual (os diagramas da UML) com o intuito de facilitar o trabalho de desenvolvimento no que diz respeito às constantes expansões exigidas pelo sistema;
- possibilitar mecanismos de extensibilidade, ou seja, estabelecer critérios para as expansões que o sistema exige;

---

<sup>5</sup> *Object Management Group* é a organização que estabelece a padronização do paradigma da Orientação à Objetos (OBJECT MANEGEMENT GROUP, 2007).

- suporte comum às diversas formas de especificações das futuras expansões do sistema. As diferentes ações de GLD e os distintos cenários produtivos dos clientes serão analisados e especificados, para inclusão no sistema, por diversas pessoas, portanto é importante que exista uma padronização das especificações.

No que concerne ao código do sistema foi utilizado o PHP<sup>6</sup> como linguagem de programação e complementarmente, por se tratar de um sistema destinado a funcionar na *Web*, HTML<sup>7</sup> e *Javascript*<sup>8</sup>. Como banco de dados foi utilizado o *MySQL*<sup>9</sup>. Justifica-se a utilização dessas linguagens, bem como a do mencionado banco de dados, o fato de serem de fácil acesso e se tratarem de linguagens livres, ao menos para o desenvolvimento de trabalhos acadêmicos.

## 4.2 UML Contextualização e Aplicabilidade

A UML representa um conjunto de modelos para o desenvolvimento do projeto de sistema ao qual esta dissertação se propõe. Os modelos para desenvolvimento de um sistema descrevem a organização necessária para a criação do mesmo, isto é, sugerem os passos a serem seguidos para preencher o vazio entre a idéia e o produto final (o sistema, propriamente dito).

Projetar sistema nada mais é do que construir um mo

disponibiliza os requisitos do problema e também como os mesmos serão atendidos pelos elementos da solução e, de maneira complementar, permite avaliar a qualidade da solução e simular o resultado, de modo que o projetista, o cliente e o construtor tenham a mesma visão do projeto (DEBONI, 2003).

#### **4.2.1 Modelos UML**

Para representar um projeto de sistema a UML adota os modelos de contexto, detalhado e conceitual que se complementam entre si. Os mesmos são utilizados nessa dissertação com o objetivo de orientar os desenvolvedores tanto no desenvolvimento como na inclusão de novas funcionalidades e manutenção do sistema:

O modelo de contexto é caracterizado pelo diagrama de caso de uso que documenta as interações entre os usuários de um sistema (chamados atores) e os subconjuntos da funcionalidade do sistema. Um ator pode ser uma pessoa na figura de um usuário, bem como ser um outro sistema (CARLSON, 2002).

O sistema desenvolvido acessa quatro grupos distintos de informações (comerciais dos clientes, curvas de carga, elementos da rede e as definições das ações de GLD), o diagrama de caso de uso foi utilizado para estabelecer um mapeamento destas diversas fontes de informações acessadas pelo sistema. Os principais atores envolvidos são as pessoas responsáveis pelo desenvolvimento e manutenção do sistema (Programadores e Analistas de Banco de Dados) e os funcionários da concessionária responsáveis pela decisão do destino dos investimentos referentes à eficiência energética. A Figura 4.2 ilustra um fragmento do diagrama de casos de uso utilizado, o completo consta do Anexo 1, onde também estão descritos como os diagramas foram utilizados para o desenvolvimento do sistema.

O modelo detalhado é responsável pela descrição mais aprofundada dos acontecimentos observados no problema permitindo encaminhar o sistema à sua implementação em uma linguagem de programação (DEBONI, 2003). Ou seja, o modelo detalhado tem como resultado a confecção dos algoritmos que solucionam os problemas que o sistema se propõe resolver, por exemplo, como calcular o impacto das diversas ações de GLD que serão agregadas.



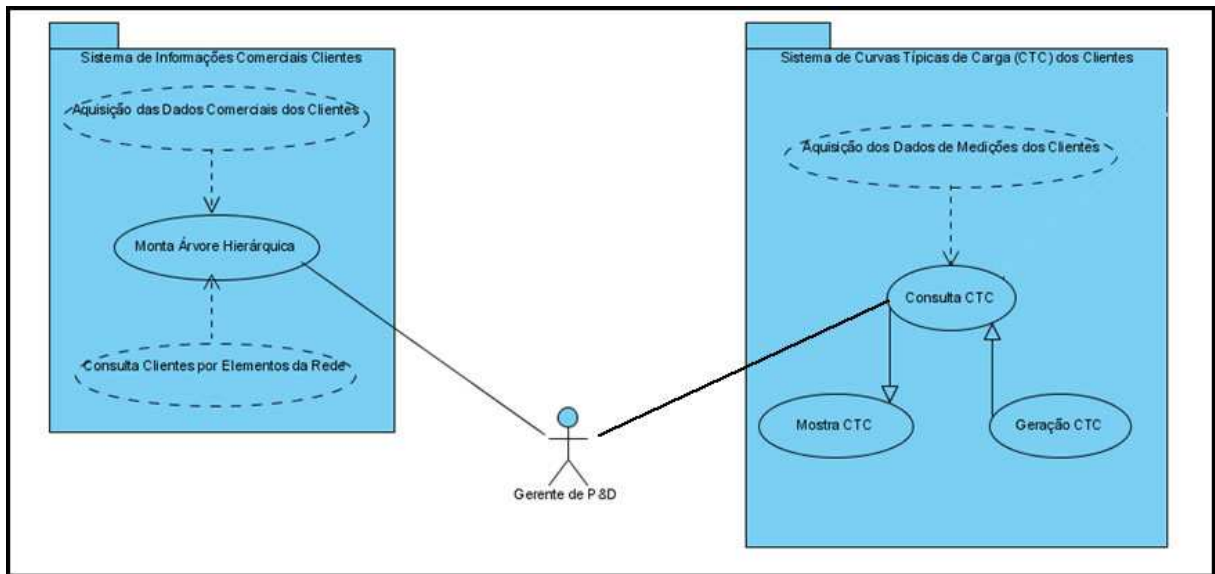


Figura 4.2. Exemplo de Diagrama de Caso de Uso.

Fonte: (DEBONI, 2003).

O conceitual é o modelo responsável pela representação da estrutura do sistema d 6(e)3.7asgu

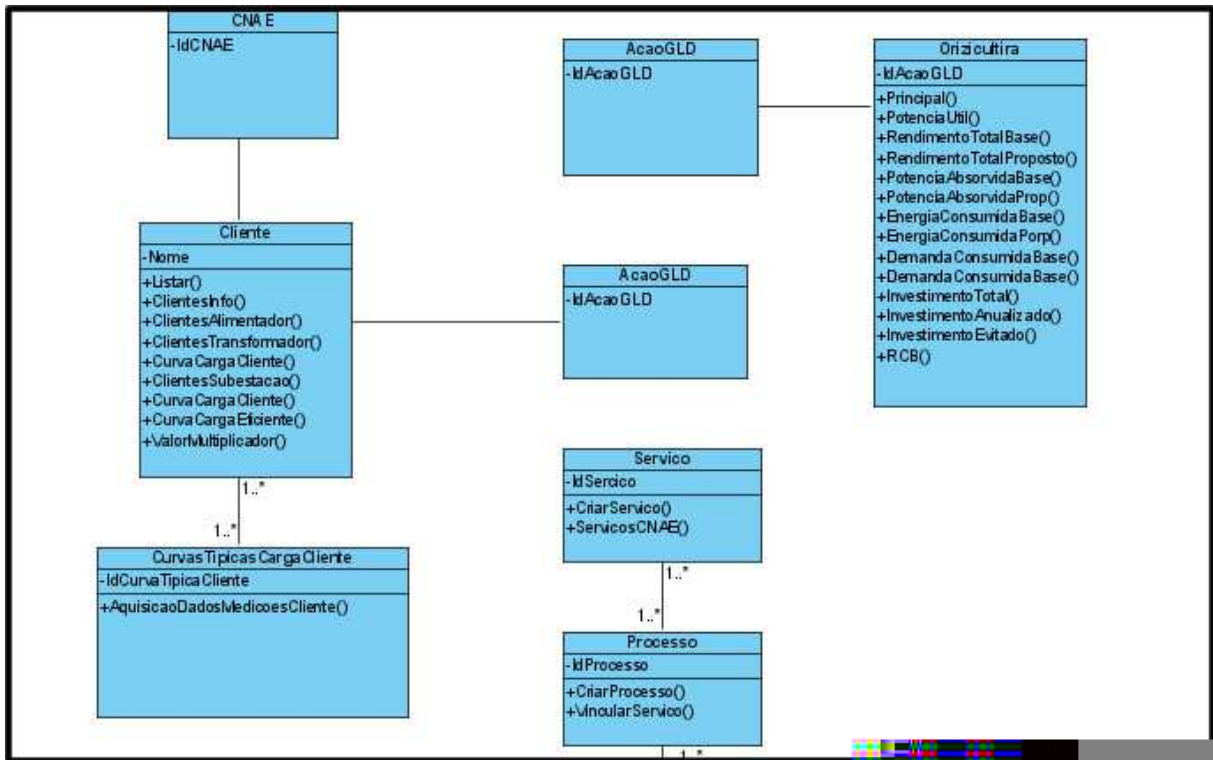


Figura 4.3. Exemplo de Diagrama de Classes.

Fonte: (DEBONI, 2003).

As necessidades fundamentais para o desenvolvimento de um projeto de sistema são atendidas pela UML, as mesmas podem ser visualizadas na Tabela 4.1 (LINDVALL 2000 apud ROCHA, 2001, p. 2).

Tabela 4.1. Necessidades Fundamentais do Desenvolvimento do Projeto de Sistema.

Fonte: LINDVALL 2000 apud ROCHA, 2001.

| Necessidades Fundamentais |            |
|---------------------------|------------|
| entender                  | documentar |
| avaliar                   | definir    |
| controlar                 | medir      |
| aprender                  | analisar   |
| comunicar                 | avaliar    |
| melhorar                  | comparar   |
| predizer                  | alterar    |

### 4.3 Atividades Envolvidas em Um Projeto de Sistema

Para colaborar com a qualidade do resultado final do projeto de sistema a UML estabelece, como recomendação, as atividades de análise, *design*, construção de componentes e integração.

A atividade de análise é a fase de levantamento de requisitos do problema a ser resolvido. Nela estabelecem-se os limites do problema e identificam-se as necessidades do sistema. O resultado da fase de análise, levando em consideração a aplicação da mesma o projeto de sistema proposto nesta dissertação, produziu como principal resultado o documento de requisitos do sistema.

*Design* é a fase que se concentra na solução do problema identificado na fase de análise, incorporando aos modelos os elementos que formam um sistema. No caso do sistema o problema é a representação dinâmica dos diversos cenários produtivos e respectivas ações de GLD possíveis de serem aplicadas.

Durante a atividade de construção de componentes se executam as atividades de programação do sistema. A boa prática de construção recomenda a adoção do conceito de componentes e objetos (códigos fonte de programas) reutilizáveis como o objetivo de reduzir os prazos e os custos de desenvolvimento e execução do projeto. Definiu-se utilizar a linguagem PHP, pois a mesma suporta a orientação a objetos e, portanto atente as mencionadas recomendações de reutilização de objetos.

A integração é a fase que encerra o processo de desenvolvimento gerando, como produto final, uma nova versão do sistema (no caso desta dissertação, um protótipo). Nesta fase, a atividade mais importante é a de configuração da versão do sistema, compilando e instalando os componentes necessários aos equipamentos que funcionam como servidores. A iteração entre as fases supracitadas é ilustrada na Figura 4.4. O protótipo do sistema foi integrado ao banco de dados que foi produzido para o SIADAGE.

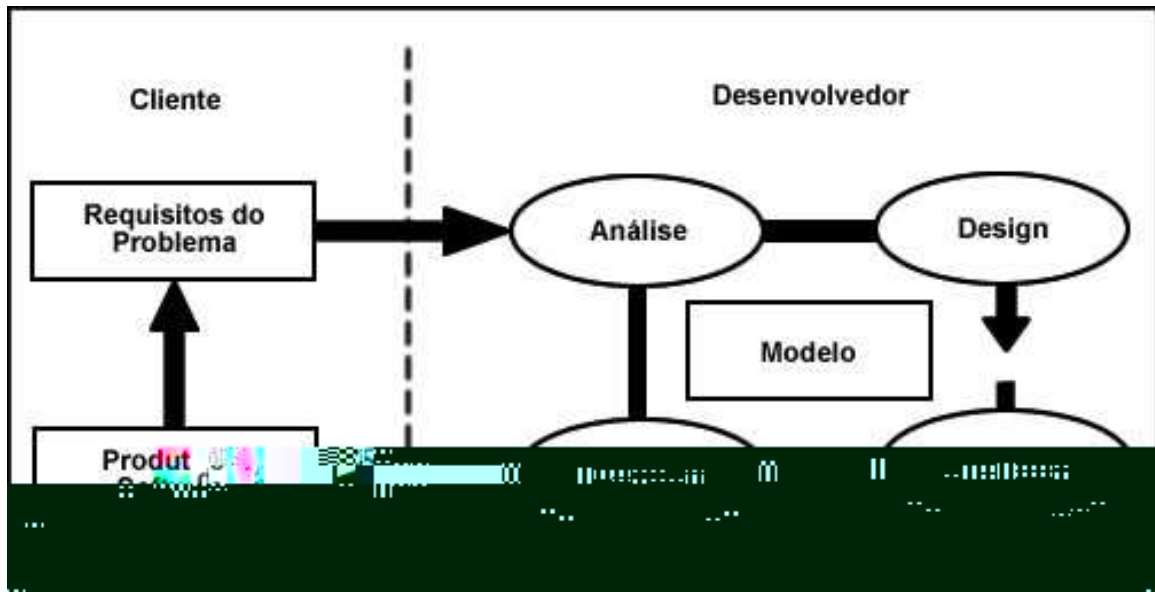


Figura 4.4. Iteração das Fases de Construção de Um Modelo de Sistema.

Fonte: (DEBONI, 2003).

Buscou-se durante o desenvolvimento desta dissertação seguir o roteiro acima descrito com o objetivo de qualificar, não só o projeto como um todo, assim como o sistema, mas também as referências para as alterações futuras do mesmo. O objetivo é fornecer uma documentação consistente que auxilie os desenvolvedores na atividade de manutenção e inclusão de novas funcionalidades ao sistema.

#### 4.4 Desenvolvimento do Projeto do Sistema

A primeira e mais importante atividade envolvida no desenvolvimento do projeto de sistema é, como mencionado, a análise. É nesta fase que é confeccionado o documento de requisitos de sistema.

O documento de requisitos de sistema caracteriza-se por ser o delineamento de um preciso, conciso, compreensível e correto modelo do mundo real, ou seja, a primeira etapa no desenvolvimento de um projeto é a definição de seus requisitos. A falta de uma definição sobre os objetivos somente adia decisões para estágios mais avançados no tempo, quando as modificações são muito mais dispendiosas e quando adquirem maior grau de complexidade. O enunciado do problema deve estabelecer o que deve ser feito e não como deve ser feito, em

suma deve ser uma definição da necessidade e não uma proposta de solução (SOMMERVILLE, 2003).

Análises de documentos de requisitos, bem como dos sistemas os quais originam, revelam que o grau de compreensibilidade, precisão e rigor da descrição contida nos documentos tende a ser diretamente proporcional ao grau de qualidade do produto resultante, ou seja, o sistema quando pronto (PETERS, 2001).

Vale ressaltar que o documento de requisitos de sistema é escrito em uma linguagem simples, voltada a desenvolvedores (programadores e analistas de banco de dados) de sistemas computacionais utilizados para auxiliarem atividades de engenharia elétrica. Apresenta-se a seguir documento de requisitos de sistema confeccionado:

#### **4.4.1 Documento de Requisitos do Sistema**

O presente item tem como objetivos descrever o sistema desenvolvido e definir os requisitos necessários para tal. O documento é destinado aos desenvolvedores do sistema (programadores e analistas de banco de dados), em suma, é a definição primeira do sistema.

Diante da obrigação das concessionárias, referentes aos investimentos em programas de combate ao desperdício e uso otimizado da energia elétrica (ações de GLD), solicita-se o desenvolvimento de uma ferramenta computacional com a capacidade de contabilizar os ganhos energéticos e financeiros obtidos como resultados de tais investimentos.

Várias ações de GLD vêm sendo desenvolvidas ao longo do tempo nos mais distintos clientes da concessionária. Como resultado gerou-se uma grande quantidade de informações técnicas a respeito dos ganhos energéticos e financeiros alcançados em função da implementação destes tipos de ações.

Sendo assim, o primeiro requisito a ser atendido pelo sistema é a representação visual das ações de GLD executadas nos clientes da concessionária. Convencionou-se chamar de CENÁRIOS PRODUTIVOS as representações das diversas ações de GLD vinculadas aos inúmeros clientes da concessionária de energia elétrica. Segue o detalhamento do Cenário propriamente dito.

No que concerne ao banco de dados comercial, da empresa distribuidora de energia, os clientes classificam-se de acordo com a classe da CNAE (Classificação Nacional de

É importante detalhar as características dos elementos acima mencionados:

**Processos:** cada processo faz uso de um energético específico que pode ser Energia Elétrica, Água, Gás Natural, Gás Liquefeito de Petróleo, Lenha, Óleo Combustível ou Óleo Diesel. O processo também se caracteriza como Direto ou Indireto;

**Conjuntos Tecnológicos:** cada conjunto tecnológico possui um Uso Final que pode ser Aquecimento Direto, Calor de Processo, Eletroquímico, Força Motriz ou Iluminação. É necessário definir o propósito concreto para completar o processo vinculado ao conjunto tecnológico em seus diversos elementos. Outra característica importante de cada conjunto tecnológico é o perfil horário de utilização (ao longo do dia). Cada um dos conjuntos tecnológicos está relacionado a um propósito concreto para completar um processo como, por exemplo, bombear uma quantidade determinada de água a certa altura com um fluxo determinado requerido, isto é, a necessidade que deve ser suprida para que o processo atinja o objetivo.

**Tecnologias:** cada equipamento definido aqui como uma tecnologia possui diversas características técnicas, como por exemplo: Descrição da tecnologia, Potência em cv, Rendimento em %, Preço em R\$, Vida Útil em Anos, etc. Sendo que cada uma das características possui no mínimo um valor relacionado, por exemplo, Motor Weg Alto Rendimento, Potência de 150 cv, Rendimento de 90 %, Preço de R\$ 10.000,00, Vida Útil de 20 anos. O resultado será um banco de dados com uma diversidade de opções de equipamentos para substituições dos mesmos com o objetivo de melhorar o cenário produtivo dos clientes – não é necessário vincular valores às características técnicas de tecnologias vinculadas às classes da CNAE como ilustram a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

A representação visual deverá caracterizar tanto o cenário base do cliente (cenário que o cliente utiliza atualmente) como o cenário proposto para o cliente (cenário proposto em substituição ao atual pelo projeto), pois o objetivo é comparar financeira e economicamente as propostas de alterações de serviços, processos, conjuntos tecnológicos, tecnologias, horários de utilização.

Como parâmetros de comparação entre cenários base e cenários propostos para clientes deverão ser observados e calculados, com base na resolução da ANEEL, pelo sistema:

- Energia Economizada;
- Demanda Evitada;
- Investimento Total;
- Investimento Anualizado;
- Investimento Evitado;
- Relação Custo Benefício.

Premissas de cálculo:

- primeiramente deve-se estabelecer a vida útil dos equipamentos, isto é do projeto em si;
- depois deve-se adotar a Taxa de Desconto recomendada pelo manual da ANEEL (este parâmetro deverá ser dinâmico, além de ter uma valor *default* deverá existir a possibilidade de alterá-lo caso o usuário pense importante);
- Custo Unitário de Energia Economizada (CEE) é calculado com base nas Tarifas vigentes em cada concessionária;
- Custo Unitário de Demanda Evitada (CDE) é também calculado com base nas Tarifas vigentes na concessionária de energia;
- Deve-se levar em consideração o seu fator de Carga médio anual do cliente beneficiado;
- Número de Horas de Funcionamento Anual da tecnologia alvo da ação de eficiência energética.



Tabela 4.2. Premissas de Cálculo.

Fonte: (KAEHLER, 2006).

| Parâmetros           | Valores          | Grandezas |
|----------------------|------------------|-----------|
| Vida Útil (n)        | 10 (exemplo)     | Anos      |
| Taxa de Desconto (i) | 12% (exemplo)    |           |
| CEE                  | 117,38 (exemplo) | R\$/MWh   |
| CDE                  | 377,04 (exemplo) | R\$/kW    |
| Fator de Carga Médio | 56 (exemplo)     |           |
| Número de Horas Ano  | 4.860 (exemplo)  | horas     |
| FRC                  | 17,70% (exemplo) |           |

O número de parcelas do financiamento, também deve ser levado em consideração para fins de cálculos. Os parâmetros acima descritos, bem como os cálculos para a obtenção dos mesmos deverão ser visualizados de forma variável no sistema, isto é, o usuário terá a possibilidade de alterá-los como desejar. Os cálculos parciais (valores antes das ações serem finalizadas) e por fim os globais (valores depois das ações serem finalizadas) deverão constar no sistema de uma forma que o acesso a eles seja fácil e rápido.

A representação visual hierárquica dos cenários (das classes da CNAE e clientes) deverá ser na forma de uma árvore como ilustra a **Erro! Fonte de referência não encontrada. Erro! Fonte de referência não encontrada..**

O sistema proposto tem como característica principal a dinamicidade, isto ocorre em função da diversidade de ações de GLD existentes e das que ainda estão por vir, portanto é necessária a criação de uma metodologia que permita que o sistema seja aderente a tal requisito. É importante que o sistema aceite atualizações de uma forma rápida e fácil e que seja criada uma interface para tal.

Com base no banco de dados do Sistema de Informação Geográfica (GIS do inglês *Geographic Information System*) fornecido em formato texto pela concessionária, deverá ser feita a representação hierárquica dos principais elementos (para este sistema) da rede elétrica mais algumas características técnicas dos mesmos, que são:

- Subestações:
- Transformadores das subestações:

- Alimentadores (Circuito):

No tocante a relação entre os elementos da rede elétrica pode-se descrever o seguinte: nas Subestações existem um ou mais transformadores de subestações, sendo que estes possuem um ou mais alimentadores.

As informações, como mencionado, são fornecidas em arquivos em formato texto e dispostas de forma padronizada. É necessária a criação de uma ferramenta de leitura deste arquivo para extração de informações concernentes a especificações técnicas e operacionais dos elementos da rede elétrica.

Os arquivos fornecidos pela concessionária podem ser gerados com informações de toda a rede elétrica ou apenas áreas específicas, as quais se têm com objeto de estudo. É necessário também criar bancos de dados para armazenamento das informações com o objetivo de facilitar o processo de formação da árvore hierárquica da rede elétrica ou parte dela.

## 4.5 Ferramenta CASE Utilizada

Para facilitar o trabalho de confecção e, posteriormente, a visualização dos modelos adotados pela UML, foi utilizada a Ferramenta CASE<sup>10</sup> *Visual Paradigm for UML Community Edition* na versão 6.0 disponível para *download* gratuito no site <http://www.visual-paradigm.com/>. A utilização de uma ferramenta CASE tem reflexo na qualidade da documentação do projeto do sistema.

A mencionada ferramenta CASE foi utilizada, mais especificamente, para confeccionar os diagramas de seqüência, de casos de uso e de classes (diagramas propostos pela UML) com o objetivo de disponibilizar uma documentação concisa aliada a um

---

<sup>10</sup> CASE (engenharia de *software* com o auxílio de computador do inglês *computer-aided software engineering*), refere-se a diferentes tipos de ferramentas gráficas que são utilizados para apoiar as atividades de desenvolvimento de sistema, como a análise de requisitos, a modelagem de sistema, a depuração e os testes. Todos os métodos atualmente são fornecidos com uma tecnologia CASE associada. As ferramentas CASE podem até mesmo possuir um gerador de códigos-fonte a partir do modelo de sistema (SOMMERVILLE, 2003).

mapeamento detalhado do projeto. Os mesmos constituem-se em ferramentas gráficas facilitadoras no momento da inclusão e desenvolvimento das novas ações de GLD a serem agregadas ao sistema. Todos os diagramas produzidos constam no Anexo 1.

## 4.6 Ferramentas Utilizadas para Desenvolvimento do Sistema

De maneira resumida, utilizou-se o PHP como linguagem dita *front-and*, ou seja, aquela que serviu de base para o desenvolvimento do sistema como um todo, mais aquelas linguagem que servem de apoio, por exemplo, *Javascript* e HTML. A Orientação a Objetos auxiliou na representação das ações de GLD, sendo que cada uma das ações é representada por uma classe de objetos. Os métodos desta classe definem os cálculos referentes aos indicativos energéticos e financeiros resultantes da aplicação das ações de GLD.

Definiu-se, também como classe de objetos a representação dos cenários produtivos e os elementos que os compõem (serviços, processos, conjuntos tecnológicos, tecnologias, campos e valores). Com referência às conexões e consultas aos bancos de dados utilizou-se o PHP, porém com o auxílio da SQL (Linguagem de pesquisa estruturada do inglês *Structured Query Language*, muito utilizada como padrão de acesso a bancos de dados). Como trata-se de um linguagem padrão a mesma foi utilizada tanto para o acesso às informações armazenadas no banco de dados *Oracle* como no *MySQL*.

Este capítulo apresentou a metodologia utilizada para desenvolver o projeto do sistema proposto. Também, apresentou a forma como a metodologia e suas diversas ferramentas foram utilizadas para a solução dos problemas relacionados ao desenvolvimento do sistema. Foram detalhadas as atividades e recomendações propostas pela UML no que diz respeito a confecção de projetos de sistema em si. Finalmente foi mencionada a ferramenta CASE utilizada.

## Capítulo 5

### 5 Estudo de Caso

#### 5.1 Introdução

Como mencionado anteriormente a presente dissertação foi desenvolvida paralelamente à execução do Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Em uma de suas etapas o P&D foi aplicado na região da fronteira oeste do Rio Grande do Sul, mais especificamente nas lavouras de arroz. De posse das informações geradas pelo referido projeto, optou-se por utilizar esta região como objeto de estudo.

Segundo pesquisas publicadas pelo Instituto Rio Grandense do Arroz o Rio Grande do Sul foram contabilizados, na safra 2004/2005, 1.034.820 hectares de área plantada de arroz distribuídos por mais de 9.000 lavouras. Somente a região da Fronteira Oeste, no mesmo período, foram plantados 271.041 hectares de arroz, distribuídos por mais de 1.000 lavouras (INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ, 2006).

O cultivo do arroz irrigado necessita que a lavoura seja inundada com uma lâmina de água que deve medir em torno de 10 centímetros de altura, caracterizando assim o processo de irrigação. Na região da Fronteira Oeste do Estado o sistema de captação de água mais utilizado para a irrigação das plantações de arroz é o mecânico elétrico – correspondendo a 79%. O período que compreende a safra da cultura do arroz na região vai de dezembro a março do ano seguinte (INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ, 2006).

Com base nestes números é possível vislumbrar o potencial de economia de energia elétrica possível de ser alcançado, mediante a execução de ações de GLD nas instalações de bombeamento de água responsáveis pela irrigação das lavouras. É este potencial que o sistema se propõe calcular e disponibilizar visualmente, subsidiando assim a tomada de decisões dos executivos da concessionária.

Outro fator que reforça o potencial de economia de energia que pode ser alcançado na região é a precariedade das instalações responsáveis pela irrigação das lavouras. Os diagnósticos energéticos, desenvolvidos pelo Grupo de Eficiência Energética (GEE) na

referida região, detectaram nas instalações diversos problemas como, por exemplo, instalações defasadas e superdimensionadas que, portanto desperdiçam uma grande quantidade de energia elétrica e água.

Define-se então a orizicultura como cenário produtivo, sendo este o primeira a ser agregado ao sistema. O capítulo que segue tem como um de seus objetivos estabelecer uma padronização no que se refere às análises dos diagnósticos energéticos, o intuito é extrair dos mesmos as informações necessárias para proceder a agregação dos cenários produtivos ao sistema.

Para a definição das rotinas de cálculo dos parâmetros econômicos, financeiros e energéticos, que auxiliam o usuário na tomada de decisão, também é importante que se estabeleça um padrão de análise dos diagnósticos.

## **5.2 Descrição do Cenário Produtivo**

É preciso descrever o cenário produtivo da orizicultura de maneira detalhada para que o mesmo possa ser agregado ao sistema e as ações de GLD sejam implementadas e, posteriormente, vinculadas aos clientes. Seguiu-se, para tal, a caracterização de cenários produtivos descrito no item 2.3.

Neste caso, o cenário, em seu primeiro nível hierárquico, é formado pelo serviço definido como Sistema de Irrigação Mecanizada Acionado por Eletricidade, responsável pela irrigação da plantação de arroz. O objetivo do serviço é manter a lâmina de água sobre a plantação que garanta o desenvolvimento do arroz. A Figura 5.1 mostra a interface responsável pela criação dos serviços no sistema.

| CLIENTE                      |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| NOME: RENIR LUIZ SEGABINAZZI | NUC: 2890959                   |
| ENDEREÇO: ESTRADA PLANO ALTO | CNAE: 01112 CULTIVO DE CEREAIS |

**RENIR LUIZ SEGABINAZZI**

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Descrição do Serviço: | SISTEMA DE IRRIGAÇÃO MECANIZADA ACIONADO POR ELETRICIDADE          |
| Existente:            | ILUMINAÇÃO <input type="checkbox"/> Lista dos Serviços existentes. |

Figura 5.1. Cenário Produtivo – Criação de Serviços.

O serviço é constituído pelo processo definido como Bombeamento de Líquidos caracterizando assim o segundo nível hierárquico do cenário produtivo. O processo especifica a forma como a irrigação é executada, no caso através do bombeamento. A interface responsável pela inclusão dos processos é semelhante à responsável pela inclusão dos serviços, como mostra a Figura 5.2.

| CLIENTE                      |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| NOME: RENIR LUIZ SEGABINAZZI | NUC: 2890959                   |
| ENDEREÇO: ESTRADA PLANO ALTO | CNAE: 01112 CULTIVO DE CEREAIS |

**RENIR LUIZ SEGABINAZZI**

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO MECANIZADA ACIONADO POR ELETRICIDADE

|                        |   |
|------------------------|---|
| Descrição do Processo: | BOMBEAMENTO DE LÍQUIDOS   |
| Energético:            | Energia Elétrica <input type="checkbox"/>                                   |
| Status:                | <input checked="" type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não              |
| Existente:             | ILUMINAÇÃO PÚBLICA <input type="checkbox"/> Lista dos Processos existentes. |

Figura 5.2. Cenário Produtivo – Criação de Processos.

Seguindo a hierarquia do cenário produtivo o conjunto tecnológico que compõe o processo Bombeamento de Líquidos é o Sistema de Bombeamento. O mesmo é responsável direto pela realização do trabalho no qual o cenário produtivo está inserido, isto é, aquele que o cenário se propõe realizar, como ilustra a Figura 5.3.

**Análise do Impacto das Ações de GLD em Processos Produtivos**

**CLIENTE**

|                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| NOME: RENIR LUIZ SEGABINAZZI | NUC: 2890959                   |
| ENDEREÇO: ESTRADA PLANO ALTO | CNAE: 01112 CULTIVO DE CEREAIS |

**RENIR LUIZ SEGABINAZZI**

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO MECANIZADA ACIONADO POR ELETRICIDADE

BOMBEAMENTO DE LÍQUIDOS

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| criação do Conjunto Tecnológico: | SISTEMA DE BOMBEAMENTO  |
| Final:                           | Força Motriz  |
| existente:                       | LUMINÁRIA <small>Lista dos Conjuntos Tecnológicos existentes.</small> |

Gravar

Figura 5.3. Cenário Produtivo – Criação de Conjuntos Tecnológicos.

O conjunto tecnológico denominado Sistema de Bombeamento é composto por oito equipamentos, aqui definidos como tecnologias, sendo que cada uma destas tecnologias possui seus respectivos campos que identificam suas características técnicas. A Tabela 5.1 traz uma breve especificação de cada uma das tecnologias do Sistema de Bombeamento, bem como cada um dos campos que as compõem.

Tabela 5.1. Tecnologias e Respetivos Campos.

| <b>Especificação</b>  | <b>Tecnologias</b> | <b>Campos</b>                  |
|---|--------------------|--------------------------------|
| Dispositivo que une dois ou mais motores.   | Acoplamento        | Descrição                      |
|   |                    | Rendimento (%)                 |
|   |                    | Preço (R\$)                    |
|   |                    | Vida Útil (anos)               |
| Base flutuante onde é instalado o restante do conjunto tecnológico.   | Balsa              | Descrição                      |
|   |                    | Rendimento (%)                 |
|   |                    | Preço (R\$)                    |
|   |                    | Vida Útil (anos)               |
| Máquina geratriz que recebe energia mecânica de um sistema motriz e a transfere ao fluido, no caso, a água. Nos sistemas de irrigação são empregadas bombas centrífugas | Bomba              | Descrição                      |
|   |                    | Rendimento (%)                 |
|   |                    | Rotação (rpm)                  |
|   |                    | Preço (R\$)                    |
| Canos responsáveis pelo transporte da água do ponto de captação até os pontos de descarga.  | Canalização        | Descrição                      |
|   |                    | Rendimento (%)                 |
|   |                    | Preço (R\$)                    |
|   |                    | Vida Útil (anos)               |
| Mecanismos de partida que protege a rede elétrica.  | Chave Compensadora | Descrição                      |
|   |                    | Capacidade de Acionamento (cv) |
|   |                    | Preço (R\$)                    |
|   |                    | Vida Útil (anos)               |
|   | Inversor           | Descrição                      |
|   |                    | Rendimento (%)                 |
|   |                    | Preço (R\$)                    |
|   |                    | Vida Útil (anos)               |



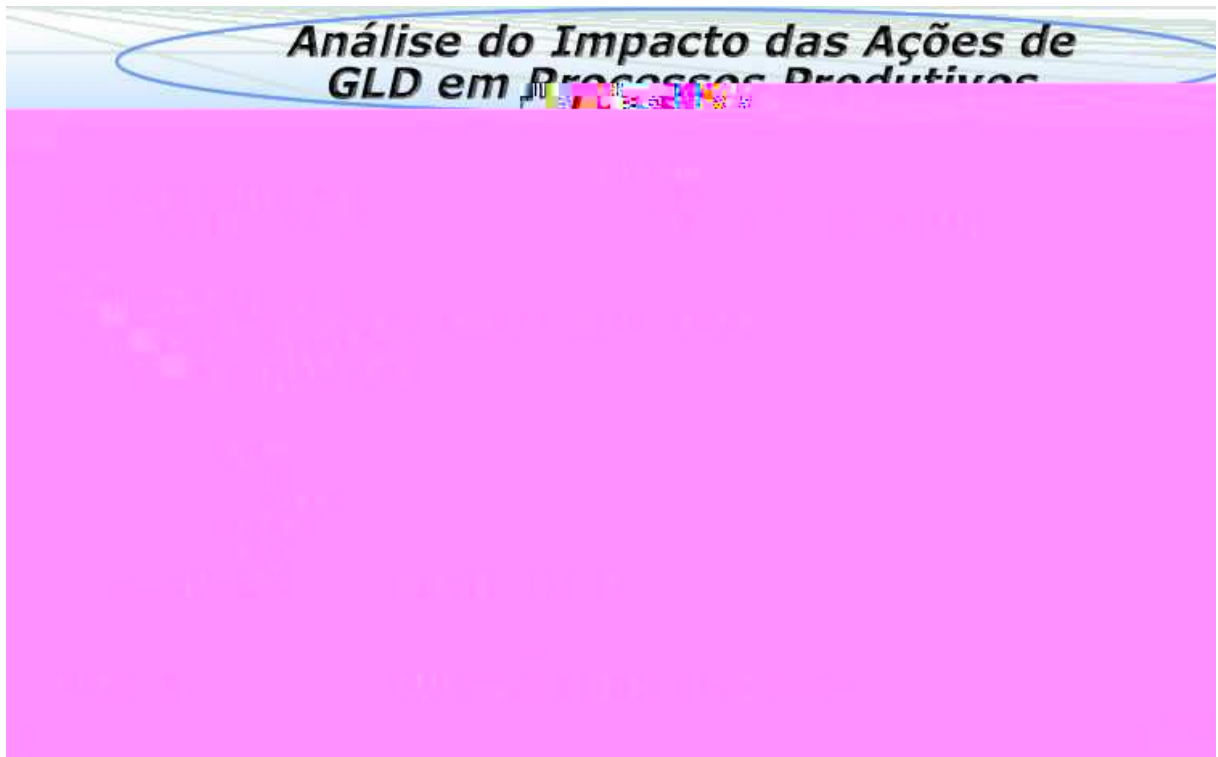


Figura 5.4. Cenário Produtivo – Criação de Tecnologia.

Depois de criada a árvore hierárquica que representa o cenário produtivo da cultura do arroz irrigado, como mencionado anteriormente, a mesma é apresentada na interface do sistema de maneira a facilitar o entendimento do cenário produtivo descrito, como ilustra a Figura 5.5.

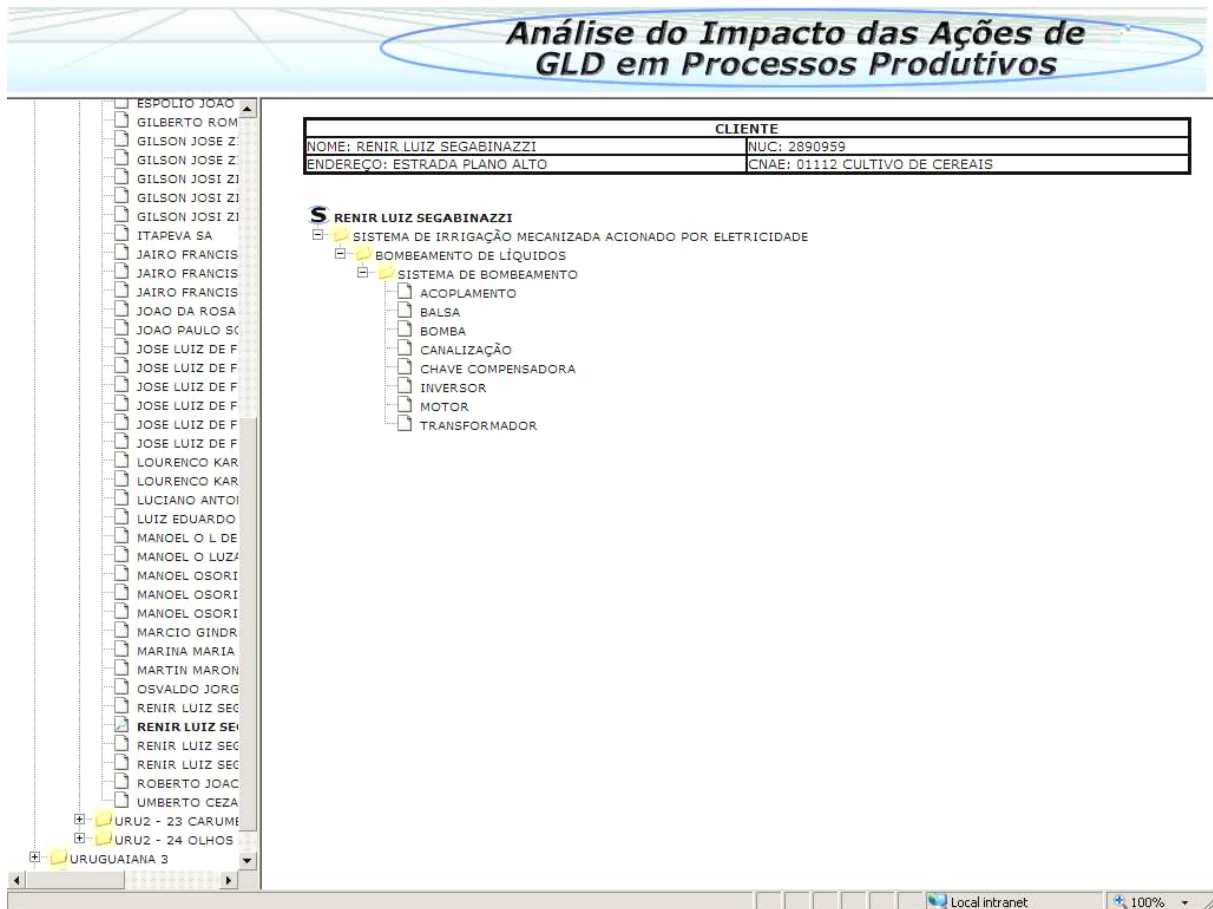


Figura 5.5. Árvore Hierárquica do Cenário Produtivo.

Para que o sistema obtenha os parâmetros energéticos e econômicos é necessário caracterizar a tarefa na qual o conjunto tecnológico Sistema de Bombeamento está envolvido, ou seja, o trabalho que o conjunto se propõe realizar. Definiram-se os parâmetros que compõem o trabalho da seguinte forma:

- Altura Manométrica Total (AMT) – somatória da altura geométrica de recalque e da altura da sucção;
- Área Irrigada – área em hectares que necessita estar inundada na lavoura de arroz;
- cv/ha – potência utilizada para irrigar um hectare;
- Fluxo de Água Requerido – porcentagem em relação ao dimensionamento da instalação de bombeamento de água exigida para manter a lavoura irrigada;

•

- $PU$  : potência útil;
- $AMT$  : altura manométrica total;
- $Q$  : vazão requerida.

Os dados referentes à  $AMT$  e à  $Q$  estão disponíveis nos diagnósticos energéticos. Poderão ser incluídos tantos conjuntos tecnológicos quanto forem necessários, isto é, tantos quantos forem as instalações existentes no cenário produtivo do cliente. Por este motivo o sistema permite nomear cada uma das instalações diferenciando assim cada conjunto tecnológico. A Figura 5.7 ilustra um exemplo de cenário produtivo com duas instalações (conjuntos tecnológicos).

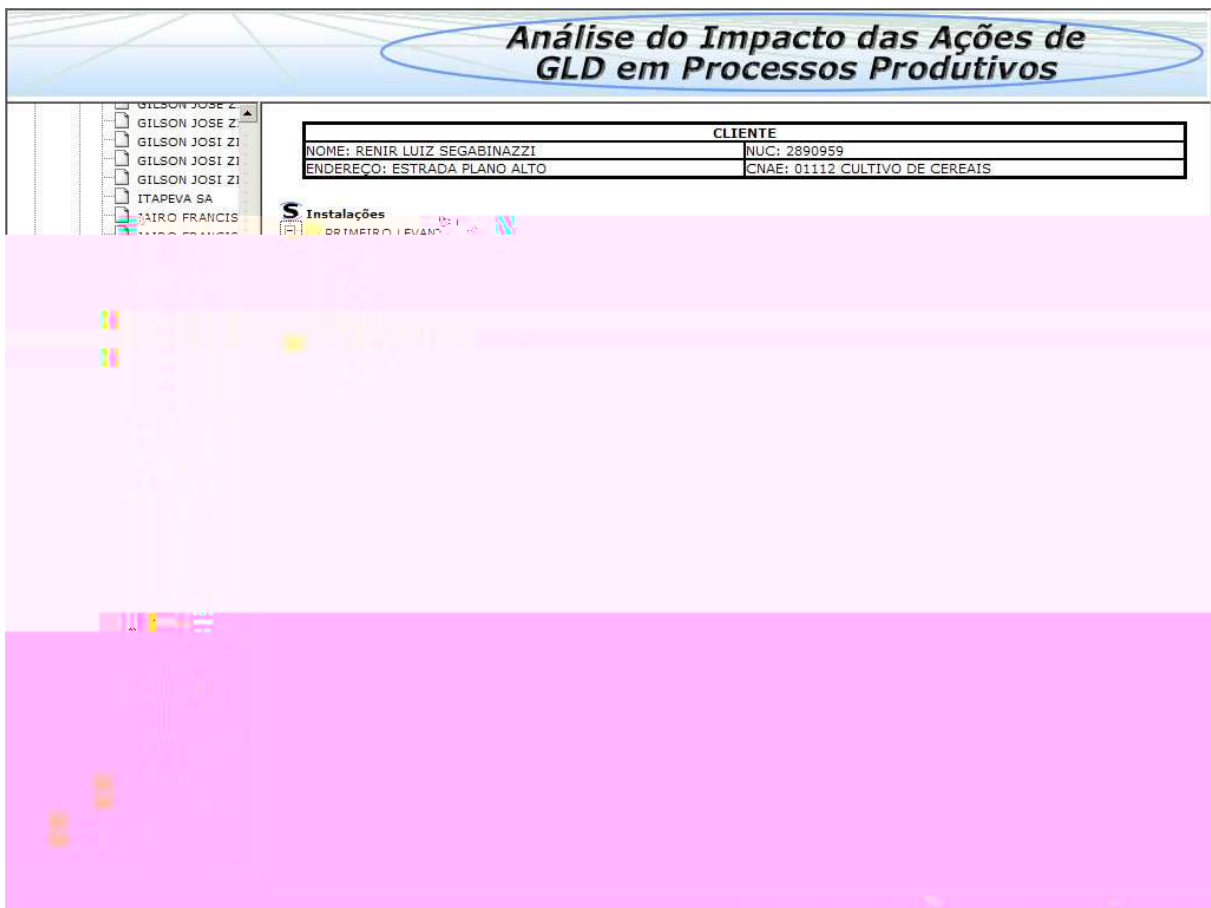


Figura 5.7. Cenário Produtivo e Suas Respectivas Instalações.

Definido uma vez o cenário produtivo para a cultura de arroz irrigado da região em estudo, vale mencionar que o mesmo será utilizado para representar tanto a situação atual do cliente quanto a situação depois de aplicadas as ações de GLD (de maneira simulada).

### **5.3 Análise do Cenário**

Com base nos relatórios energéticos produzidos pelo Grupo de Eficiência Energética (GEE) podem ser apontadas as seguintes causas de perdas nas instalações (conjuntos tecnológicos) dos clientes da concessionária:

- tubulações de descarga mal dimensionadas;
- tubulações longas pela dificuldade de construção de canais;
- tubulações apresentando perfurações (Figura 5.8);
- falta de manutenção em tubulações de descarga;
- falta de manutenção em motores;
- superdimensionamento de bombas;
- utilização de bombas de baixa eficiência;
- utilização de bombas atuando fora de seu ponto ótimo de operação;
- bombas mal instaladas, ou seja, fora da água o que prejudica sua eficiência (Figura 5.9).



Figura 5.8. Canalização Apresentando Perfurações.  
Fonte: Relatórios Energéticos Produzidos pelo GEE.



Figura 5.9. Instalação Obsoleta e Apresentando Baixa Eficiência Operacional.  
Fonte: Relatórios Energéticos Produzidos pelo GEE.

Os problemas citados ressaltam o potencial de economia possível de ser alcançado com a execução das ações de GLD propostas, no tocante a aplicação da eficiência energética, pois os mesmos são os responsáveis pela redução direta do rendimento dos conjuntos tecnológicos.

A instalação de equipamentos mais modernos e melhor dimensionados representa economia de energia elétrica não só para o cliente, que irá usufruir diretamente das vantagens proporcionadas pelos equipamentos novos, mas também para a concessionária de energia elétrica.

## **5.4 Banco de Dados de Tecnologias**

É necessária a obtenção das informações técnicas dos equipamentos (tecnologias) que compõem o conjunto tecnológico (sistema de bombeamento no caso da cultura do arroz). A finalidade é propiciar tanto a representação das tecnologias instaladas nos clientes da concessionária como as tecnologias que irão substituir os equipamentos obsoletos.

As fontes de informações, referentes aos equipamentos instalados nos clientes da concessionária nos quais se deseja aplicar as ações de GLD, são os diagnósticos energéticos produzidos para os mesmos. É neles que se obtém, por exemplo, a marca, o modelo e o rendimento das tecnologias em utilização no cenário produtivo dos clientes.

Já para a obtenção das informações técnicas dos equipamentos a serem instalados para melhorar o rendimento e diminuir o consumo de energia elétrica do conjunto tecnológico, se sugere recorrer aos dados disponibilizados pelos fornecedores dos equipamentos. Sugere-se, também, manter as informações sempre atualizadas para não prejudicar a obtenção dos resultados comparativos entre as situações do cenário produtivo antes e depois da aplicação das ações de GLD.

Tanto as informações das tecnologias base (instaladas nos clientes) como as informações das tecnologias inovadoras propostas para melhorar a performance do conjunto tecnológico são armazenadas em um mesmo repositório. A finalidade é facilitar o acesso às informações dos equipamentos, como ilustra a Figura 5.10.

**Análise do Impacto das Ações de GLD em Processos Produtivos**

- GILSON JOSE Z...
- GILSON JOSE Z...
- GILSON JOSI ZI
- GILSON JOSI ZI
- GILSON JOSI ZI
- ITAPEVA SA
- JAIRO FRANCIS

**CLIENTE**

|                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| NOME: RENIR LUIZ SEGABINAZZI | NUC: 2890959                   |
| ENDEREÇO: ESTRADA PLANO ALTO | CNAE: 01112 CULTIVO DE CEREAIS |

**S Instalações**

- PRIMEIRO LEVANTE DA BARRAGEM

- JAIRO FRANCIS
- JAIRO FRANCIS
- JOAO DA ROSA
- JOAO PAULO SC
- JOSE LUIZ DE F
- JOSE LUIZ DE F
- JOSE LUIZ DE F
- JOSE LUIZ DE F
- JOSE LUIZ DE F
- JOSE LUIZ DE F
- LOURENCO KAR
- LOURENCO KAR
- LUCIANO ANTOI
- LUIZ EDUARDO
- MANOEL O L DE
- MANOEL O LUZA
- MANOEL OSORI

MOTOR 3  
MOTOR 4  
BOMBA 3  
BOMBA 4  
BALSA 1  
MUNDO LEVANTE DE BARRAGEM GRANDE

| Base                          | Proposto                          |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| DESCRIÇÃO: MOTOR ATUAL 100 CV | DESCRIÇÃO: ALTO RENDIMENTO 100 CV |
| FATOR DE POTÊNCIA: 90         | FATOR DE POTÊNCIA: 90             |
| POTÊNCIA: 100 CV              | POTÊNCIA: 100 CV                  |
| PREÇO: 0 R\$                  | PREÇO: 11850 R\$                  |
| PÓLOS: 4                      | PÓLOS: 4                          |
| RENDIMENTO: 50 %              | RENDIMENTO: 90 %                  |
| VIDA ÚTIL: 20                 | VIDA ÚTIL: 20                     |

Botões

Figura 5.10. Informações Técnicas dos Equipamentos.

O sistema e o banco de dados – desenvolvido para representar e armazenar as informações referentes aos cenários produtivos dos clientes – permitem a utilização dos valores de uma tecnologia em mais de uma instalação (conjunto tecnológico) como ilustra a Figura 5.11.



**Instalações**

- PRIMEIRO LEVANTE DA BARRAGEM
  - MOTOR 3
  - MOTOR 4
  - BOMBA 3
  - BOMBA 4
  - BALSA 1
- SEGUNDO LEVANTE DE BARRAGEM GRANDE
  - MOTOR 1
  - MOTOR 2
  - BOMBA 1

| Base                          | Proposto                          |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| DESCRIÇÃO: MOTOR ATUAL 150 CV | DESCRIÇÃO: ALTO RENDIMENTO 100 CV |
| FATOR DE POTÊNCIA: 90         | FATOR DE POTÊNCIA: 90             |
| POTÊNCIA: 150 CV              | POTÊNCIA: 100 CV                  |
| PREÇO: 0 R\$                  | PREÇO: 11850 R\$                  |
| PÓLOS: 4                      | PÓLOS: 4                          |
| RENDIMENTO: 50 %              | RENDIMENTO: 90 %                  |
| VIDA ÚTIL: 20                 | VIDA ÚTIL: 20                     |

| Base                          | Proposto                          |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| DESCRIÇÃO: MOTOR ATUAL 100 CV | DESCRIÇÃO: ALTO RENDIMENTO 100 CV |
| FATOR DE POTÊNCIA: 90         | FATOR DE POTÊNCIA: 90             |
| POTÊNCIA: 100 CV              | POTÊNCIA: 100 CV                  |
| PREÇO: 0 R\$                  | PREÇO: 11850 R\$                  |
| PÓLOS: 4                      | PÓLOS: 4                          |
| RENDIMENTO: 50 %              | RENDIMENTO: 90 %                  |
| VIDA ÚTIL: 20                 | VIDA ÚTIL: 20                     |

Uma informação para duas tecnologias.

Figura 5.11. Mesmos Valores para Duas Tecnologias.

O objetivo é agilizar não somente o procedimento de definição dos cenários produtivos dos clientes, mas também o processo de análise das ações de GLD a serem implantadas.

## 5.5 Parâmetros Comparativos Energéticos

Para a execução dos cálculos dos parâmetros energéticos que auxiliam na avaliação das ações de GLD se procede da seguinte forma: primeiramente é necessário obter o rendimento das instalações, tanto do conjunto tecnológico base como do proposto.

Os rendimentos são obtidos por intermédio dos campos Rendimentos das tecnologias que compõem os conjuntos tecnológicos. No caso das instalações de bombeamento para irrigação levam-se em consideração os rendimentos do motor sempre com ponto de carga de 100% (este rendimento consta no catálogo do fabricante), do acoplamento e da bomba obtidos em diagnósticos realizados nas instalações. O cálculo do rendimento é realizado de acordo com Equação 5.2. O ponto de carga do motor é considerado sempre em 100%, pois o mesmo é controlado pelo proprietário da área a ser irrigada, isto é feito conforme a necessidade de quantidade e de vazão da água ajustando-se a relação da vazão da bomba e da rotação (fixa)

do motor. Essa característica é específica do cenário produtivo da cultura do arroz irrigado estudado aqui.

$$\eta T = \eta_m \times \eta_a \times \eta_b \quad \text{Equação 5.2.}$$

Onde:

- $\eta T$  : rendimento total da instalação;
- $\eta_m$  : rendimento do motor;
- $\eta_a$  : rendimento do acoplamento;
- $\eta_b$  : rendimento da bomba.

Outro parâmetro necessário é a potência absorvida dos conjuntos tecnológicos base e proposto. As mesmas são calculadas pela divisão da potência útil (calculada anteriormente) pelo rendimento total de cada conjunto, como demonstra a Equação 5.3.

$$PA = \frac{PU}{\eta T} \quad \text{Equação 5.3.}$$

Onde:

- $PA$  : potência absorvida;
- $PU$  : potencia útil;

De posse dos parâmetros preliminares, acima descritos, é possível calcular a energia economizada e demanda evitada passíveis de serem alcançadas com a implantação das ações de GLD nos cenários produtivos dos clientes, como é demonstrado a seguir.

### 5.5.1 Energia Economizada

Para calcular a demanda economizada pela substituição de um conjunto base por um conjunto proposto é necessário subtrair o valor da energia consumida do conjunto base pelo valor da energia consumida do conjunto proposto, como demonstra a Equação 5.4.

$$EE = EC_b - EC_p \quad \text{Equação 5.4.}$$

Onde:

- $EE$  : energia economizada;
- $EC_b$  : energia consumida pelo conjunto base;
- $EC_p$  : energia consumida pelo conjunto proposto.

A energia consumida, dos conjuntos base e proposto, é calculada em função do número de horas de funcionamento dos mesmos, de acordo com a Equação 5.5.

$$EC = PA \times NrH \times 0,736 \quad \text{Equação 5.5.}$$

Onde:

- $EC$  : energia consumida;
- $NrH$  : é o número de horas de funcionamento do equipamento no período de um ano;
- 0,736: fator de conversão de unidades converte cv para valores em kW.

As informações referentes ao número de horas de funcionamento dos equipamentos ( $NrH$ ) também constam dos diagnósticos energéticos. Para inserir estas informações no sistema foi desenvolvida uma interface que apresenta o dia dividido em suas 24 horas, onde

devem ser informados os horários de funcionamento dos equipamentos, como ilustra a Figura 5.12.

**Análise do Impacto das Ações de GLD em Processos Produtivos**

| Carga | Atual                                      |                                    | Proposta                                       |   |
|-------|--|------------------------------------|--|---|
|       | Ligado                                     | Desligado                          | Ligado   | Desligado                                     |
| 00h   | <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado | 12h <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado            |
| 01h   | <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado | 13h <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado            |
| 02h   | <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado | 14h <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado            |
| 03h   | <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado | 15h <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado            |
| 04h   | <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado | 16h <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado            |
| 05h   | <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado | 17h <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado            |
| 06h   | <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado | 18h <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado            |
| 07h   | <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado | 19h <input type="checkbox"/> Ligado            | <input checked="" type="checkbox"/> Desligado |
| 08h   | <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado | 20h <input type="checkbox"/> Ligado            | <input checked="" type="checkbox"/> Desligado |
| 09h   | <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado | 21h <input type="checkbox"/> Ligado            | <input checked="" type="checkbox"/> Desligado |
| 10h   | <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado | 22h <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado            |
| 11h   | <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado | 23h <input checked="" type="checkbox"/> Ligado | <input type="checkbox"/> Desligado            |

OK

Figura 5.12. Aquisição dos Horários de Funcionamento dos Equipamentos.

O comportamento dos equipamentos do cenário produtivo apresentado neste estudo de caso, ou seja, a cultura do arroz irrigado caracteriza-se pelo funcionamento durante 21 horas do dia para manter a plantação irrigada conforme necessidade. As três horas de desligamento dos equipamentos correspondem ao horário em que ocorre a redução dos descontos da tarifa hora-sazonal. Vale lembrar que o ponto de carga do motor é considerado sempre a 100% para este tipo de cenário produtivo.

### 5.5.2 Demanda Evitada

Para calcular a demanda evitada, em função da substituição de um conjunto base por um conjunto proposto, é necessário subtrair o valor da demanda consumida do conjunto base do valor da demanda consumida do conjunto proposto, de acordo com a Equação 5.6.

$$DE = DC_b - EC_p \quad \text{Equação 5.6.}$$

Onde:

- $DE$  : demanda de energia evitada;
- $DC_b$  : demanda consumida do conjunto tecnológico base;
- $DC_p$  : demanda consumida do conjunto tecnológico proposto para substituição.

A demanda dos conjuntos base e proposto são calculadas, em separado, como demonstra a Equação 5.7.

$$DC = PA \times 0,736 \quad \text{Equação 5.7.}$$

Onde:

- $DC$  : demanda consumida;

## 5.6 Parâmetros Comparativos Econômicos e Financeiros

Os parâmetros econômicos e financeiros se constituem em mais uma ferramenta de avaliação das ações de GLD a serem executadas nos cenários produtivos dos clientes. São eles:

- investimento total;

- investimento anualizado;
- investimento evitado;
- relação custo benefício.

Os mesmos são obtidos com a comparação da situação do cenário produtivo atual do cliente com a situação proposta.

### 5.6.1 Investimento Total

O investimento total aplicado na ação de GLD é obtido pelo somatório dos valores monetários de cada uma das novas tecnologias instaladas. Como cada uma delas possui um campo destinado ao armazenamento de seu preço, é possível obter o somatório do conjunto como um todo, como demonstra a Equação 5.8.

$$IT = VT_1 + VT_2 + \dots + VT_n \quad \text{Equação 5.8.}$$

Onde:

- $IT$  : investimento total;
- $VT$  : é o valor monetário investido na substituição da tecnologia que constitui a instalação;
- $n$  : número de tecnologias que constituem o conjunto tecnológico.

### 5.6.2 Investimento Anualizado

Para a determinação do valor do investimento anualizado, estabelece-se um período, levando em consideração a vida útil do equipamento instalado, para distribuir o valor ao longo de período determinado anualmente. Isto é feito por intermédio do fator de recuperação de capital, como demonstrado na Equação 5.9.

$$IA = IT \times FRC \quad \text{Equação 5.9.}$$

Onde:

- $IA$  : investimento anualizado;
- $FRC$  : fator de recuperação do capital.

O fator de recuperação de capital é calculado conforme a Equação 5.10.

$$FRC = \frac{i \times (1 + i)^{VU-1}}{(1 + i)^{VU-1}} \quad \text{Equação 5.10.}$$

Onde:

- $FRC$  : fator de recuperação do capital.
- $i$  : taxa de desconto;
- $VU$  : é o período da vida útil da instalação expresso em anos.

### 5.6.3 Investimento Evitado

O valor do investimento evitado é obtido pela soma da energia economizada multiplicada pelo custo unitário da energia e da demanda evitada multiplicada pelo custo unitário da demanda, como demonstra a Equação 5.11.

$$IE = EE \times CE + DE \times CD \quad \text{Equação 5.11.}$$

Onde:

- $IE$  : investimento evitado;

- *EE*: energia economizada com as substituições das tecnologias que compõem o conjunto tecnológico (calculada anteriormente);
- *CE*: custo unitário da energia;
- *DE*: demanda evitada com as substituições das tecnologias que compõem o conjunto tecnológico (calculada anteriormente);
- *CD*: valor unitário da demanda.

#### **5.6.4 Relação Custo Benefício**

A relação custo benefício (RCB) consiste na relação entre os custos do investimento feito e os benefícios auferidos com o projeto. Os investimentos compõem-se de todos os custos destinados à aquisição de equipamentos, dispositivos e materiais que constituirão a alternativa de eficiência energética, assim como os custos do projeto e de instalação dos mesmos.

O investimento evitado consiste no valor monetário poupado em função dos resultados obtidos com a ação de GLD. A RCB é calculada pela Equação 2.1 do Item 2.2.

### **5.7 Apresentação dos Parâmetros**

O sistema apresenta os parâmetros acima definidos em sua interface, como ilustra a Figura 5.13.





Figura 5.13. Parâmetros Energéticos, Econômicos e Financeiros.

A criação de uma interface dinâmica, permitida pela linguagem utilizada no desenvolvimento do sistema (PHP), aliada a padronização das definições dos cenários dos clientes da concessionária, torna-o aderente a qualquer novo cenário produtivo.

Também pode ser caracterizada uma padronização no desenvolvimento do sistema, que representa a redução do tempo de criação de novos cenários produtivos e, complementarmente, agiliza a manutenção e alteração, em caso de necessidade, dos cálculos para a obtenção dos parâmetros financeiros, econômicos e energéticos.

Os ganhos alcançados, no exemplo mostrado na Figura 5.13, denotam a importância de ações de GLD deste tipo. A readequação, de maneira eficiente, dos equipamentos instalados no cenário produtivo do cliente propiciou melhorias no rendimento do conjunto tecnológico como um todo de 27 pontos percentuais o que, conseqüentemente, ocasiona a redução do consumo de 141,62 MWh/Ano e na demanda de 41,37 kW.

Os ganhos financeiros e econômicos também se apresentam importantes para o cliente, pois neste exemplo foi alcançada uma relação custo benefício de 0,33, isto é, para cada R\$ 1,00/kW evitado foi investido R\$ 0,33. O que, pelos parâmetros da ANEEL é extremamente vantajoso para o cliente.

## 5.8 Impacto na Curva de Carga do Cliente

O sistema disponibiliza, não somente para o cenário produtivo abordado no estudo de caso aqui apresentado, mas também para qualquer cenário produtivo a possibilidade de visualização, na forma de gráfico de linhas, o impacto da aplicação das ações de GLD na curva típica de carga dos clientes.

Com base nas informações referentes aos parâmetros energéticos gerados anteriormente é possível contabilizar a totalidade dos ganhos em demanda evitada em função das ações de GLD atribuídas ao cliente. De posse desta totalização é possível subtraí-la da potência ativa, como demonstra curva de carga típica na Figura 5.14.

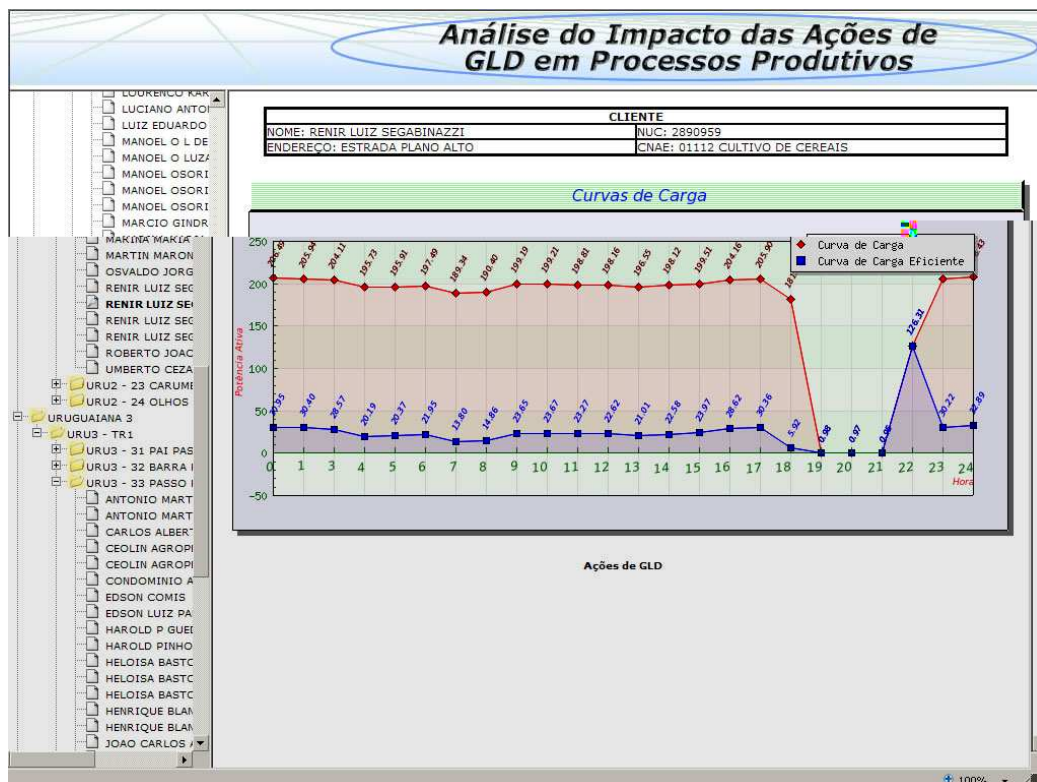


Figura 5.14. Impacto na Curva Típica de Carga do Cliente.

A curva de carga típica deste cenário produtivo, mais especificamente da cultura do arroz irrigado na região objeto de estudo, apresenta como característica a necessidade de manter a lavoura inundada durante períodos de estiagem. Portanto, trata-se de uma curva representada por uma linha contínua, sendo que ocorre um vale durante o período das 19h às 21h que é quando a energia elétrica não é subsidiada para os clientes rurais horo-sazonais, isto é, o valor da tarifa é maior. Na curva esta situação é representada por um vale no gráfico.

É possível notar a queda que a readequação das instalações alvo das ações de GLD realizadas no cliente ocasionou na curva de carga típica da potência ativa. O sistema leva em consideração os horários em que os equipamentos do cliente estão em funcionamento. O intuito é proceder a distribuição dos ganhos ao longo do dia e refleti-los na curva típica de carga do cliente em estudo.

## **5.9 Expansão dos Resultados**

A obtenção das melhorias no rendimento global das instalações ocasionadas pelas ações de GLD aplicadas no cliente, pode ser analisada pelo usuário no sistema âmbito dos elementos da rede elétrica. Ou seja, é possível verificar e auferir o impacto das melhorias obtidas nas instalações do cliente nos alimentadores, transformadores de subestações, bem como das próprias subestações. Sendo assim é possível mensurar e avaliar o grau de alívio nos elementos da rede obtidos em conseqüências das ações de GLD.

O sistema conta com a funcionalidade de expansão dos resultados por intermédio da extrapolação linear. Depois de finalizadas as ações em ou mais clientes o sistema calcula, de maneira aproximada, o impacto das mesmas nos elementos da rede como se um número maior de clientes, atendidos pelo elemento da rede em questão, também tivessem executado ações de GLD semelhantes. Busca-se com esta funcionalidade a possibilidade de o usuário obter uma visão mais abrangente que o impacto de um conjunto de ações de GLD pode promover em determinadas regiões antes mesmo de elas serem desenvolvidas ou aplicadas.

As ações de GLD citadas neste estudo de caso pertencem a um cliente que é servido pelo alimentado PLANO ALTO da região da Fronteira Oeste do estado. A Figura 5.15 ilustra

a situação da curva típica de carga do referido alimentador levando em consideração ação de GLD no cliente objeto de estudo mais os ganhos caso outros clientes, da mesma classe de consumo, também apliquem ações de GLD semelhantes.

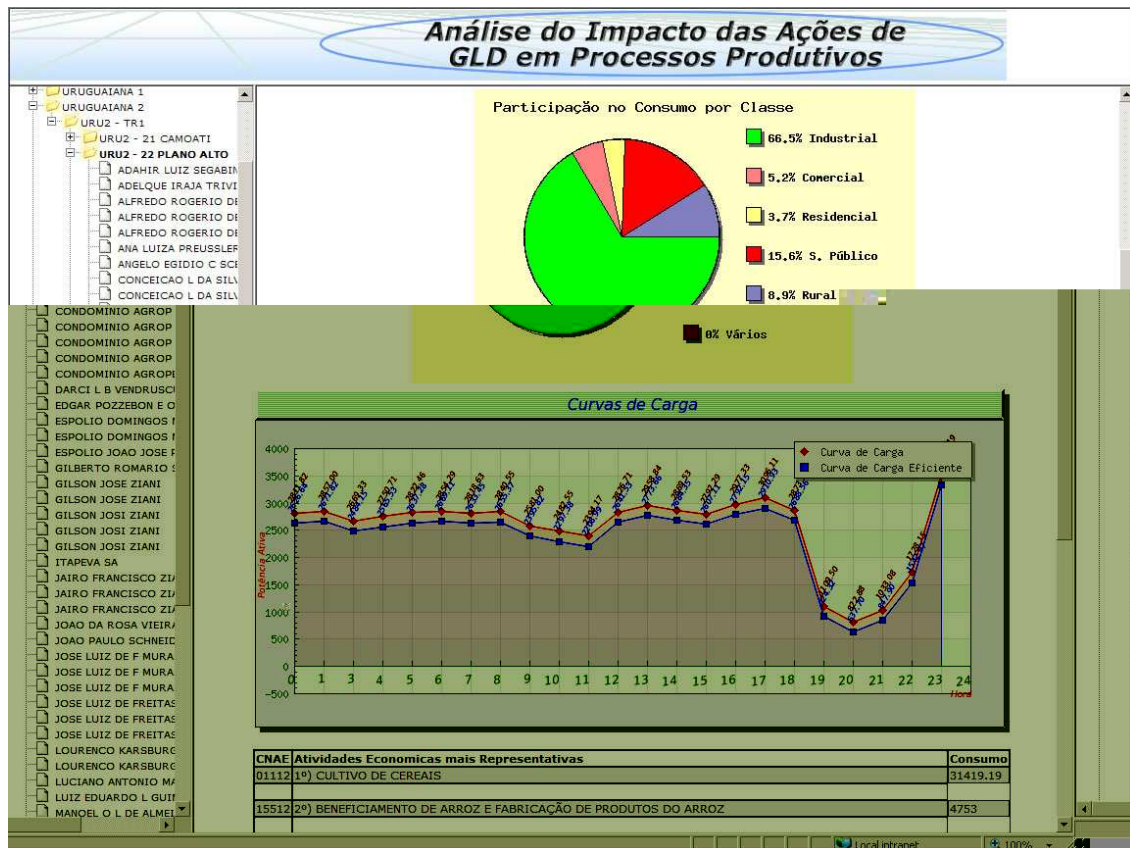


Figura 5.15. Situação do Alimentador Plano Alto.

O sistema também permite este tipo de visualização, isto é, dos ganhos obtidos com a execução das ações de GLD em grupos de semelhantes características, nos transformadores das subestações e nas próprias subestações. A funcionalidade permite ao gestor da concessionária quantificar os resultados das ações de GLD e, conseqüentemente, optar pela execução isolada ou em grupos de clientes em localidades específicas.

Também, como resultado, é importante citar a facilidade com que o sistema como um todo pode aderir novos cenários produtivos e novas ações de GLD em função da utilização da Orientação a Objetos e a UML no desenvolvimento do sistema. Para tanto não é necessário, por exemplo, a alteração da interface que é aderente a criação das novas classes de objetos que representam os cenários e as ações.

## 5.10 Classes de Controle

O controle e a execução dos cálculos anteriormente descritos ficam a cargo da classe Orizicultura, criada especificamente para o cenário produtivo da cultura do arroz irrigado. O sistema, em seu programa principal, identifica a classe da CNAE do cliente, no caso Cultivo de Cereais, do cliente em estudo e ativa a mencionada classe.

Para a definição de novos cenários produtivos basta criar novas classes em separado, incluí-las no programa principal e, finalmente, ativá-las conforme a classe da CNAE dos clientes em estudo.

O sistema foi desenvolvido seguindo a metodologia de Orientação a Objetos. Portanto, é possível utilizar heranças (capacidade que as classes [filhas] têm de herdar as variáveis e operações de outras classes [pais]). Sendo assim, poderão ser desenvolvidas novas classes que herdarão as operações comuns de cálculos dos parâmetros financeiros e energéticos já implementados em outras classes.

Para a definição do nome da classe, para estabelecer uma melhor relação com o grupo de clientes objeto de estudos, sugere-se conjugar o nome da atividade na qual o cliente está envolvido com o nome da região que o mesmo atua. Outras duas classes de objetos importantes são as que representam os clientes da concessionária e as classificações da CNAE, pois são elas que auxiliam na produção dos resultados das análises dos resultados das ações de GLD.

O estudo de caso apresentado aqui, primeiramente procedeu a análise e descrição do cenário produtivo da orizicultura com o objetivo de agregá-lo ao sistema. Foi mencionada a importância de manter sempre atualizado o banco de dados de informações referentes às tecnologias pertencentes aos conjuntos tecnológicos.

Foi descrito, também, de maneira detalhada, a obtenção dos parâmetros financeiros e energéticos (mediante a análise do cenário produtivo) e, por fim, foi apresentada a importância da interface criada para atender a característica dinâmica exigida pelo sistema, bem como as técnicas utilizadas para o desenvolvimento do sistema em si (programação).

## Capítulo 6

### 6 Conclusões

#### 6.1 Considerações Finais

O sistema foi desenvolvido em um ambiente de dados reduzido no tocante ao volume de informações nele contido, isto se for considerado o grande volume de informações existentes em cada um dos bancos de dados de uma concessionária. Este ambiente controlado proporcionou ao sistema um bom rendimento no que diz respeito à velocidade das consultas realizadas, bem como de sua execução de modo geral, ainda que o sistema tenha sido projetado para funcionar na internet. Conclui-se então, dada a situação acima descrita, que a utilização sistema em um ambiente de dados real de uma concessionária, ocasionará redução de sua performance em função do volume de dados. Sendo assim, é importante destinar uma atenção especial aos fatores que venham contribuir para a melhoria do rendimento do sistema, por exemplo, comunicação da rede, indexação do banco de dados etc.

No que concerne a instalação e adaptação do sistema à realidade do ambiente de dados das concessionárias, levando em consideração as diversas formas de armazenamento utilizadas pelas mesmas, se faz necessária a criação de uma interface ou um dicionário para este fim utilizando, por exemplo, a XML. Um dicionário formalizará uma linguagem de comunicação comum aos diversos bancos de dados utilizados pelas concessionárias e o sistema desenvolvido. O dicionário reduzirá o tempo e facilitará a tarefa de implantação, sendo assim aumentará a capacidade de adaptação do sistema a diversas realidades.

Como mencionado, o sistema aqui apresentado tem como um de seus objetivos demonstrar, por intermédio de extrapolação, o impacto das ações de GLD nos elementos da rede elétrica e o impacto financeiro para os clientes. Sendo assim, o fator que mais contribui com a precisão dos resultados destes cálculos é o número de clientes aos quais são vinculadas as ações de GLD. Por exemplo, em uma área com 100 clientes semelhantes, uma extrapolação efetuada a partir de apenas um cliente obterá um resultado menos confiável que uma extrapolação efetuada a partir de 10 clientes dentro da mencionada área.

Como produto final, no tocante a utilização do sistema, a interface apresentou-se amigável, isto é, fácil de ser manipulada pelo usuário e bastante intuitiva. O processo de análise das regiões propícias à execução de ações de GLD e posterior identificação dos clientes com potencial de economia de energia é complexo. Portanto, disponibilizar uma interface de fácil utilização, como a do sistema desenvolvido, interfere diretamente no rendimento funcional do sistema, pois quanto mais atrativo e intuitivo o ambiente para o usuário maior será a qualidade dos resultados de seu trabalho.

A estrutura relacionada utilizada no desenvolvimento do sistema e a utilização da Orientação a Objetos com a UML atendem às necessidades referentes às características dinâmicas da representação dos cenários produtivos em que se enquadram os clientes da concessionária e das ações de GLD. O tempo para inclusão de novos cenários e novas ações de GLD apresentou-se bastante reduzido, sendo necessárias em torno de 16 horas de trabalho para tal (programação e alteração do código-fonte do sistema). Sendo importante mencionar que a estrutura principal do código do sistema não necessitou de nenhuma alteração o que contribui também para a agilidade do processo.

Da mesma forma a interface, que foi desenvolvida com o objetivo de aderir às novas inclusões, não necessitou de nenhum tipo de modificação. Os sistemas semelhantes estudados apresentaram características fixas com relação à representação das ações de GLD e aos novos cenários produtivos, pois atendem a necessidades bastante específicas e não têm a capacidade de refletir os resultados, por exemplo, nas curvas típicas de carga.

O sistema desenvolvido por esta dissertação, para ser utilizado realmente em uma concessionária de energia, precisa do envolvimento de gestores de diversas áreas da empresa, pois para atender aos objetivos que se propõe, necessita de um grande número de informações advindas de diversas fontes. A necessidade de envolvimento se nota não só pelo que foi desenvolvido, mas também pelo que foi sugerido como continuidade e melhorias do sistema. O mesmo, se vir a ser utilizado abertamente na internet, pode se tornar uma ferramenta de propagação da importância dos projetos que financiam as ações de economia, bem como as de combate do desperdício de energia.

O sistema não vem somente para facilitar o processo de análise dos resultados e impactos das ações de GLD nos cenários produtivos, mas também para facilitar e promover o

desenvolvimento de novas ações em novos cenários. Obviamente, como consequência, cenários produtivos que nunca foram avaliados, no tocante ao potencial de economia de energia elétrica que apresentam, agora poderão ser estudados. As dificuldades relacionam-se, por exemplo, a projeções e formas de mensuração dos resultados e a representação dos cenários produtivos de maneira amigável para os usuários de sistemas semelhantes.

Projetos, pesquisas e estudos que as diversas as Engenharias desenvolvem com o objetivo comum de combater o desperdício de energia elétrica e otimizar o seu consumo, poderão ser agregados ao sistema aqui desenvolvido.

Dentre as várias dificuldades enfrentadas para o desenvolvimento do sistema menciona-se: adequação do mesmo às diversas bases de dados da concessionária; necessidade de acesso a grandes volumes de dados para geração dos indicadores energéticos e financeiros; e, por fim, diversidade tanto dos cenários produtivos da economia, onde se inserem os clientes, como a diversidade das ações de GLD neles aplicadas.



## **Capítulo 7**

### **7 Trabalhos Futuros**

#### **7.1 Introdução**

O presente capítulo tem como objetivo sugerir novas funcionalidades (não contempladas na proposta gênese dessa dissertação) em uma futura possibilidade de continuidade do projeto e do sistema.

É apresentada também a possibilidade de publicação de uma versão na internet que simule as condições de uma concessionária de energia real. O banco de dados desta versão pode ser alimentado com informações de clientes, elementos de rede e relatórios energéticos pré-programados.

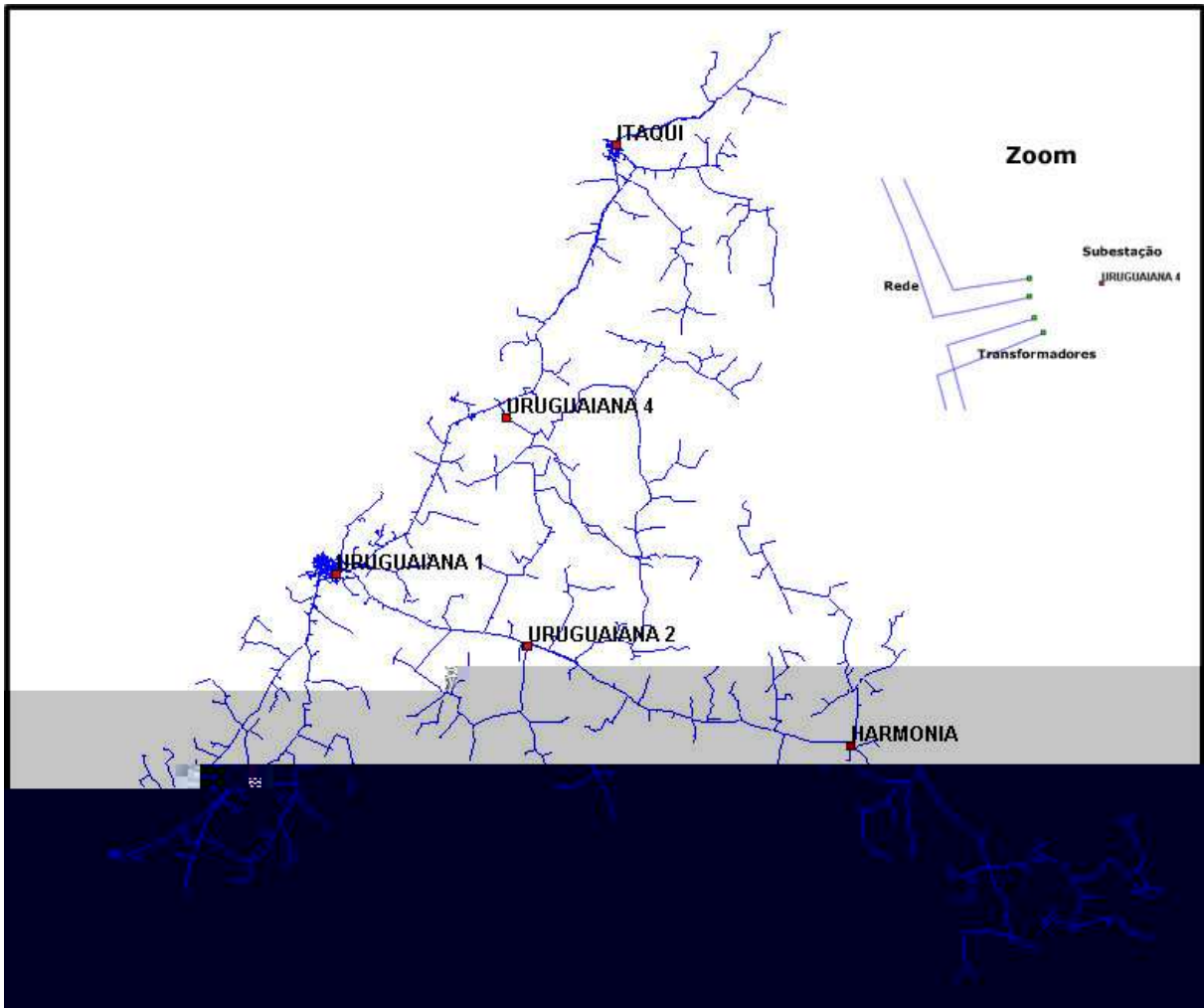


Figura 7.1. Geo-referenciamento.

Fonte: SIADAGE.

### 7.3 Aquisição dos Dados de Medições dos Clientes

Para que o sistema desenvolvido produza valores com um nível maior de confiança seria necessária a aquisição de um volume de dados maior, referentes às medições dos clientes. Porém, levando em consideração a grande quantidade de pontos de leitura possíveis de serem coletados, seria inviável a implementação de um processo de coleta e importação manual dos dados de medições.

Sugere-se então o desenvolvimento e estruturação de um processo de aquisição remota e automatizada de medidores, já que a logística para coleta manual dos dados, mesmo que de um grupo reduzido de clientes, é impraticável em termos físicos e econômicos.

A solução de coleta automatizada consistiria no envio dos dados de medição (arquivos públicos) de determinados clientes previamente selecionados, através da Internet para um banco de dados central. O envio das informações poderia ser realizado por FTP<sup>11</sup> através de um sistema desenvolvido para funcionar na Internet devidamente preparada para o recebimento e envio das informações.

No destino, os dados recebidos seriam imediatamente tratados e armazenados no banco de dados para posterior processamento e geração das curvas típicas de carga dos clientes. A mesma solução é extensível aos elementos da rede da concessionária, ou seja, as subestações, os transformadores e os alimentadores.

## 7.4 Concessionária Virtual

Com objetivo de disseminar a importância da execução das ações de GLD nos cenários produtivos dos clientes das concessionárias de energia, se sugere o desenvolvimento de um sistema, semelhante ao criado em função desta dissertação, para publicação na internet.

O intuito seria permitir o acesso, por intermédio de um cadastramento prévio, aos gestores das concessionárias de todo o país. Cada gestor ou grupos de gestores teria acesso a uma área que representaria uma concessionária de energia virtual. A mesma possuiria clientes e seus dados de medições, elementos de rede e seus dados de medições. Possuiria também, cenários e ações de GLD pré-programadas para que os usuários as utilizem e as avaliem, como ilustra a Figura 7.2.

Sugere-se a configuração do sistema conforme a região de atuação dos usuários (gestores das concessionárias) estas informações poderiam ser fornecidas no momento do primeiro acesso. Entre outros, os seguintes dados poderiam ser fornecidos:

- região do país;
- Estado;

---

<sup>11</sup> FTP (do inglês *File Transfer Protocol* – Protocolo de Transferência de Arquivos) é um protocolo utilizado para transferência de arquivos, muito utilizado na Internet (COMER, 2000).

- tarifas praticadas;
- número de clientes.

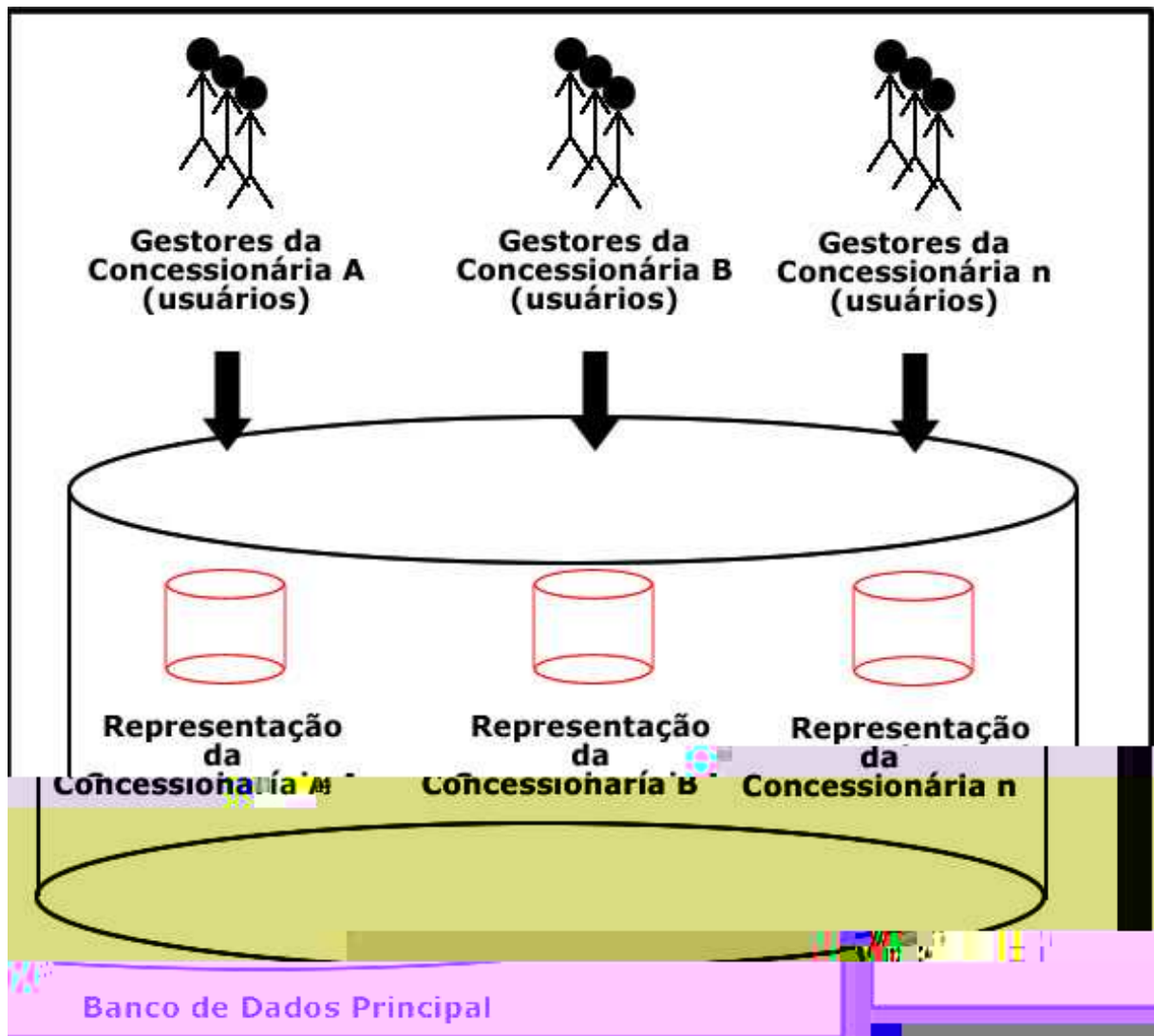


Figura 7.2. Escopo do Sistema na Internet.

## Bibliografia

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (BRASIL). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2002. 153 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (BRASIL). **Manual para Elaboração do Programa Anual de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica**. Brasília: ANEEL, 2000. 169 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (BRASIL). **Manual para Elaboração de Programas de Eficiência Energética – Ciclo 2005/2006**. Brasília: ANEEL, 2005. 121 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (BRASIL). **Resolução normativa número 176**. Brasília: ANEEL, 2005. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2005176.pdf>>. Acessado em 6 ago. 2007>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-14522 Intercâmbio de informações para sistemas de medição de energia elétrica**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2000.
- CARLSON, David. **Modelagens de Aplicações XML com UML – Aplicações Práticas de e-Business**. São Paulo, SP: Pearson Education, 2002. 362 p.
- COMER, Douglas E.. **Internetworking with TCP/IP**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000.
- CONVERSE, Tim; PARK, Joyce. **PHP 4 a Bíblia**. Rio de Janeiro, RJ, 2003.
- DEBONI, José Eduardo Zindel. **Modelagem orientada a objetos com a UML**. São Paulo, SP: Futura, 2003. 219 p.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Estudos das premissas básicas para projeção do mercado de energia elétrica 2005-2015**. Brasília: EPE, 2005. 136p. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Lists/PremissasMercado>>. Acesso em 12 jan. 2007.
- FANDERUFF, Demaris. **Dominando o Oracle 9i: modelagem e desenvolvimento**. São Paulo, SP: Pearson Education do Brasil, 2003.

GLOBAL EMISSION MODEL FOR INTEGRATED SYSTEMS (GEMIS). Öko-Institut. Alemanha. Disponível em <<http://www.oeko.de/service/gemis/en/index.htm>>. Acessado em 6 de ago. de 2007.

MARK IV. CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS – ELETROBRÁS; PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – PROCEL. Disponível em <<http://www.eletrabras.com/ELB/main.asp?TeamID={3DD177E6-10A6-4359-9BCB-FD2DAD8A6B9B}>>. Acessado em 24 de set. de 2007.

GREENPEACE. **Dossiê Energia Positiva para o Brasil**. 2004. Disponível em: <[http://www.greenpeace.org.br/energia/pdf/dossie\\_energia\\_2004.pdf](http://www.greenpeace.org.br/energia/pdf/dossie_energia_2004.pdf)>

HADDAD, Jamil; MARTINS, André R.S.; MARQUES, Milton. **Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos**. 2. ed. Itajubá: Editora da EFEI, 2001. 467 p.

INMON, W. H.. **Como Construir o Data Warehouse**. Rio de Janeiro, RJ : Campus, 1997. 388 p.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. **Censo da lavoura de arroz irrigado do Rio Grande do Sul – Safra 2004/05**. Porto Alegre: IRGA, 2006.

JANNUZZI, Gilberto de Martino; SWISHER, Joel N. P.. **Planejamento de Recursos Energéticos: Meio Ambiente, Conservação de Energia e Fontes Renováveis**. Campinas, SP: Autores Associados, 1997. 246 p.

KAEHLER, José Wagner Maciel. **Material da disciplina de gestão pelo lado da oferta de energia**. Curso de mestrado em Energia Elétrica do Programa de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2005.

KAEHLER, José Wagner Maciel. **Material da disciplina de gestão pelo lado da demanda de energia**. Curso de mestrado em Energia Elétrica do Programa de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2006.

KAEHLER, José Wagner Maciel. **Relatório parcial – Gestão de energia em programas anuais de eficiência energética e promoção do uso racional de energia 2. Etapa Ano 2 (Projeto AES Sul)**. Porto Alegre: PUCRS, 2005. 118 p.

- KARL, Maloon; BOURNE, Greg; MOTT, Richard. **Soluções Climáticas: a Visão do WWF para 2050**. Brasília: WWF-Brasil, 2007. 29 p.
- MARCHAL, Benoit. **XML conceitos e aplicações**. São Paulo, SP: Berkeley Brasil, 2000.
- MENDES, Marcos Huber; LIMA, Antenor de Oliveira; RAAD, Antonio; SANTOS, Bruno Valente; SOUZA, Reinaldo Castro. **Simulação e análise probabilística de risco um estudo de caso em GLD projeto light de deslocamento da demanda na ponta**. In: XV SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 1999, Foz do Iguaçu. Disponível em <<http://www.itaipu.gov.br/xvsnptee/xvsnptee/stc/stc21.pdf>>. Acessado em 31 de jul. de 2007>.
- MySQL. **Site Oficial**. Disponível em <<http://www.mysqlbrasil.com.br>>. MySQL, Belo Horizonte, MG. Acessado em 15 de ago. de 2007.
- NUNES, Antônio Saldanha; KAEHLER, José Wagner Maciel. **Estrutura integrada de ações dos planos anuais de eficiência energética da AES-Sul**. In: CONGRESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM ENERGIA ELÉTRICA, 2., 2005, Florianópolis. Anais do Congresso de inovação tecnológica em energia elétrica – eficiência energética. 2005. 193 p. Disponível em <[http://citenel.aneel.gov.br/historico/IIcitenel/Anais%20do%20II%20Citenel%20-%20VOLUME%20I/Eficiencia\\_Energetica.pdf](http://citenel.aneel.gov.br/historico/IIcitenel/Anais%20do%20II%20Citenel%20-%20VOLUME%20I/Eficiencia_Energetica.pdf)>. Acesso em 12 jan. de 2007.
- PETERS, F. Peters. PEDRYCZ, Witold. **Engenharia de Sistema Teoria e Prática**. Rio de Janeiro, RJ: Editora Campos, 2001. 601 p.
- ROCHA, Ana Regina Cavalcanti da; MALDONADO, José Carlos; WEBER, Kival Chaves. **Qualidade de software – teoria e prática**. São Paulo, SP: Prentice Hall, 2001. 303 p.
- SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Sistema**. São Paulo, SP: Addison Wesley, 2003. 591 p.
- THE OBJECT MANAGEMENT GROUP. **Site Oficial do Grupo**. Disponível em <<http://www.omg.com>>. The Object Management Group. Acessado em 15 de ago. 2007.
- WWF-BRASIL. **Agenda Elétrica Sustentável 2020: estudo de cenários para um setor elétrico brasileiro eficiente, seguro e competitivo**. Brasília: WWF-Brasil, 2006. 80 p.

FRENNING, Lars; et al. **Pump Life Cycle Costs: A guide to LCC analysis for pumping systems**. Brussels, Belgium, 2001. 193 p.

WWW-BRASIL. **Agenda Sustentável 2020 – Estudo de cenários para um setor elétrico brasileiro eficiente, seguro e competitivo**. WWW-Brasil, 2007. 12 p. Disponível em < [http://assets.wwf.org.br/downloads/wwf\\_energia\\_2ed\\_ebook.pdf](http://assets.wwf.org.br/downloads/wwf_energia_2ed_ebook.pdf) >. Acessado em 14 de ago. de 2007.



## Glossário

**Demanda** – Média das potências elétricas ativas e reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela de carga instalada em operação no cliente, durante um intervalo de tempo determinado.

**Demanda Contratada** – Demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária, expressa em quilowatts (kW).

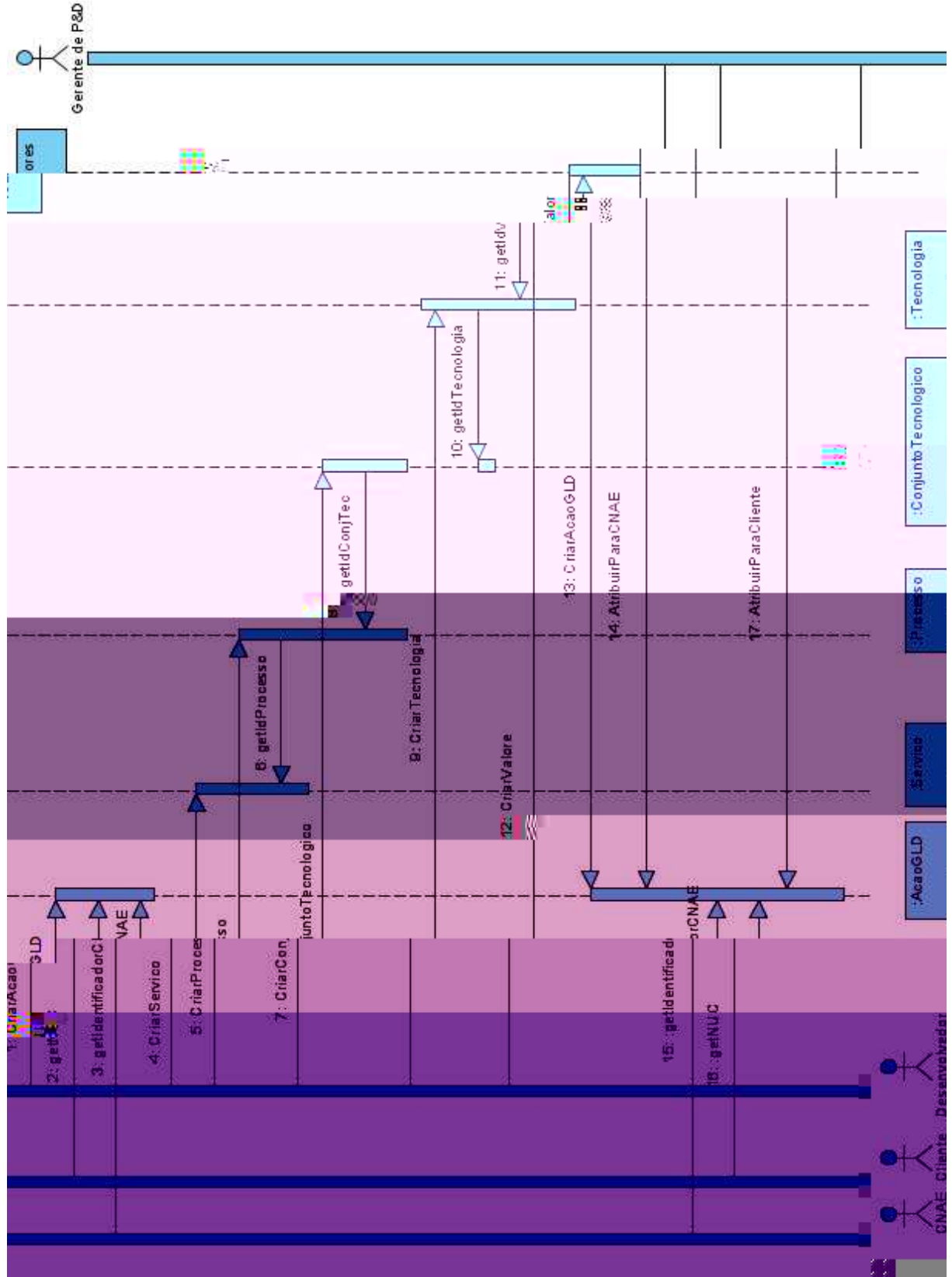
# **Anexo 1 – Diagramas Referentes ao Documento de Requisitos de *Software***

## **Diagramas de Seqüência**

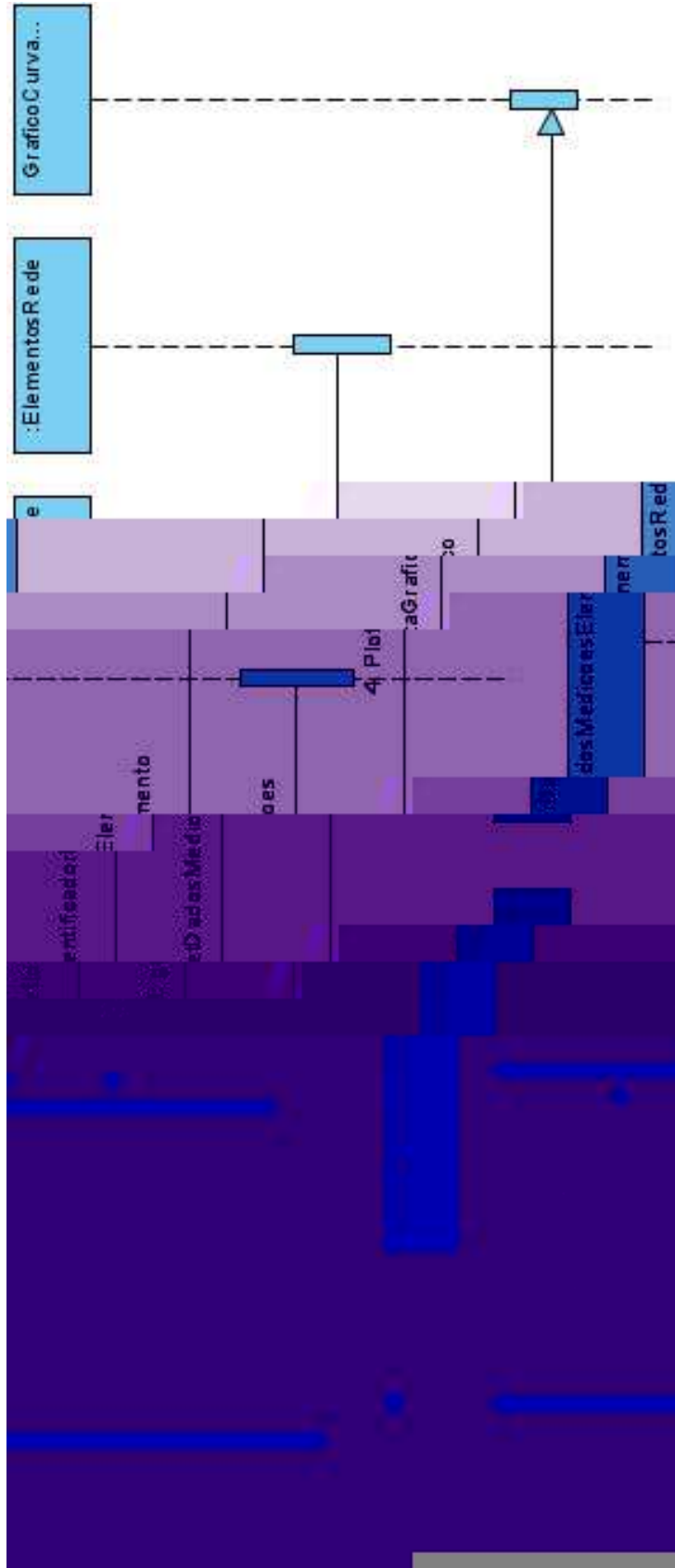
O diagrama de seqüência, utilizado pela UML, representa a seqüência de processos, mais especificamente das mensagens passadas entre os objetos, num sistema computacional. O diagrama de seqüências descreve como os objetos colaboram com informações entre si ao longo do tempo.

O diagrama de seqüências vem para facilitar a visualização da grande quantidade de métodos que transitam entre as diversas classes. Segue o diagrama que representa as seqüências dos métodos do sistema desenvolvido por esta dissertação (DEBONI, 2003).

### Diagrama de Seqüência – Ações de GLD



### Diagrama de Seqüência – Curvas de Carga Típicas dos Elementos da Rede



### Diagrama de Seqüência – Criação dos Arquivos Públicos

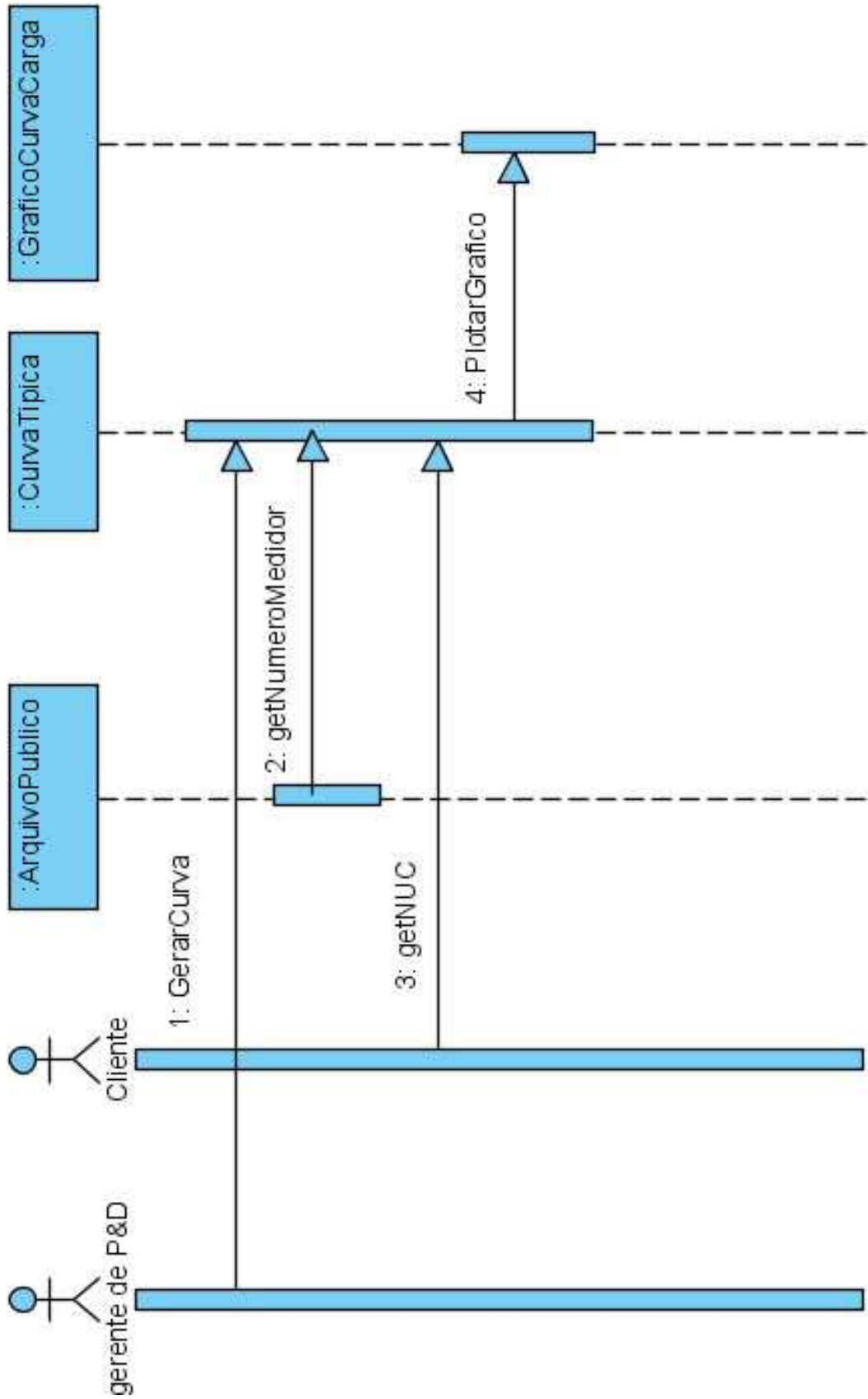
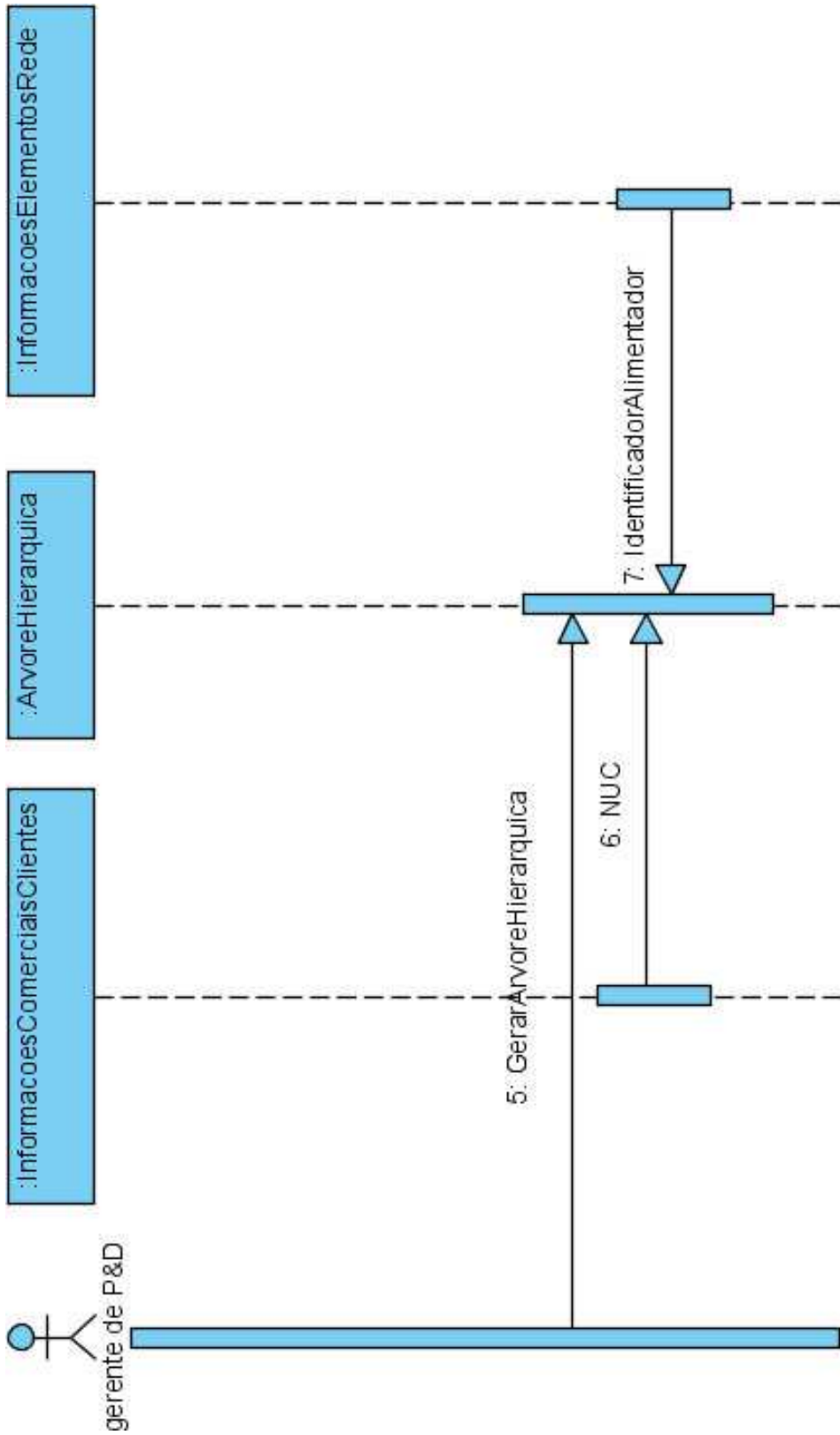


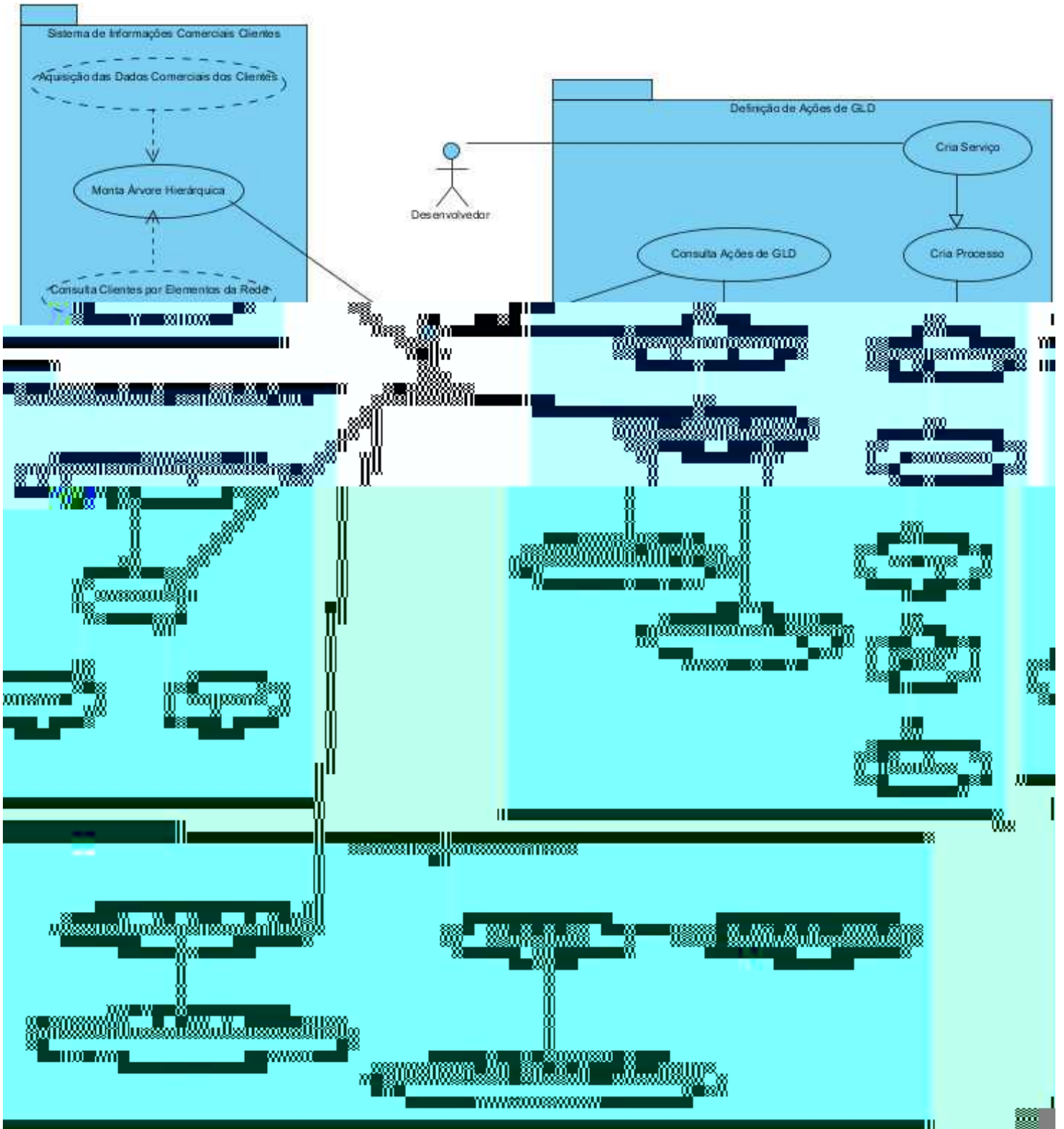
Diagrama de Seqüências – Criação da Árvore Hierárquica do Cenário Produtivo



## **Diagrama de Casos de Uso**

O diagrama de casos de uso mostra como o sistema vai reagir com o ambiente, isto é, os usuários e outros sistemas que por ventura ele possa vir acessar. Define-se o diagrama de caso de uso como um documento narrativo que descreve a seqüência de eventos de um ator que usa o sistema para completar um processo.

Os diagramas de casos de usos têm como principais objetivos: decidir e descrever os requisitos funcionais do sistema; fornecer uma descrição clara e consistente do que o sistema deve fazer; permitir descobrir os requisitos funcionais das classes e operações do sistema (DEBONI, 2003).





## Descrição dos Casos de Usos

### Sistema de Informações Comerciais Clientes

*Aquisição dos Dados Comerciais dos Clientes* – O SIADAGE, sistema fonte de dados, possui um banco de dados para armazenamento das informações comerciais dos clientes, as mesmas são disponibilizadas pela concessionária por intermédio de *dumps* que são importados pelo *Oracle*.

*Consulta Clientes por Elementos da Rede* – Disponibiliza, através do banco de dados do SIADAGE, a lista de clientes atendidos pelos elementos da rede (subestações, transformadores e alimentares).

*Monta Árvore Hierárquica* – Através das informações técnicas dos elementos da rede contidas no banco de dados do SIADAGE é construída a árvore hierárquica da seguinte forma: os clientes são vinculados aos seus respectivos alimentadores, os alimentadores aos seus transformadores e estes às suas subestações.

---

### Sistema de Curvas Típicas de Carga (CTC) dos Clientes

*Aquisição dos Dados de Medições dos Clientes* – Módulo de aquisição dos arquivos públicos dos clientes (pertence ao SIADAGE). Executa a importação dos arquivos públicos binários e armazena os dados de medições dos clientes no banco de dados.

*Geração CTC* – Executa a construção das curvas típicas de carga dos clientes com base nos dados importados dos arquivos públicos. Armazena as curvas típicas no banco de dados relacional.

*Consulta CTC* – Permite a consulta das curvas típicas de carga dos clientes armazenadas no banco de dados.

*Mostra CTC* – Disponibiliza de forma gráfica para o usuário a visualização das curvas típicas de carga dos clientes armazenadas no banco de dados.

---

---

### **Sistema Informações – Elementos da Rede**

*Consulta Informações dos Elementos da Rede* – Disponibiliza as informações técnicas dos elementos da rede que constam no banco de dados do SIADAGE.

*Consulta CTC dos Elementos da Rede* – Disponibiliza as curvas típicas de carga dos elementos da rede contidas no banco de dados.

*Aquisição das Informações Técnicas dos Elementos da Rede* – Módulo do SIADAGE que executa a importação dos dados técnicos e geográficos dos elementos da rede e armazena os mesmos no banco de dados. Os dados são disponibilizados pela concessionária em arquivos no formato texto.

*Geração da CTC* – Executa a geração das curvas típicas de carga dos elementos da rede com base nos dados armazenados no banco de dados. Também executa a inclusão das curvas no banco de dados.

*Aquisição dos Dados de Medições dos Elementos da Rede* – Módulo do SIADAGE que executa a importação dos dados de medições dos elementos da rede disponibilizados pela concessionária no formato de planilhas do Excel. Procede a armazenagens destes dados no banco de dados.

---

### **Definição das Ações de GLD**

*Consulta Ações de GLD* – Consulta no banco de dados as ações de GLD pertencentes aos clientes e às classes da CNAE.

*Atribui Ações de GLD para CNAE* – Procede a atribuição das ações de GLD para uma classe da CNAE em particular.

*Atribui Ações de GLD para Clientes* – Procede a atribuição das ações de GLD para os clientes da concessionária.

*Cálculo dos Parâmetros Financeiros* – Executa o cálculo dos parâmetros financeiros para avaliação das ações de GLD propostas para os clientes da concessionária.

*Cálculo dos Parâmetros Energéticos* – Executa o cálculo dos parâmetros energéticos para avaliação das ações de GLD propostas para os clientes da concessionária.

*Cria Serviço* – Cria serviços para uma classe da CNAE em particular para posteriormente atribuí-la para os clientes da concessionária.

*Cria Processo* – Cria os processos dos serviços da classe da CNAE em particular para posterior atribuição aos clientes.

*Cria Conjunto Tecnológico* – Cria os conjuntos tecnológicos dos processos da classe da CNAE em particular para posterior atribuição aos clientes.

*Cria Tecnologia* – Cria as tecnologias dos conjuntos tecnológicos da classe da CNAE em particular para posterior atribuição aos clientes.

*Cria Campo* – Cria os campos das tecnologias da classe da CNAE em particular para posterior atribuição aos clientes.

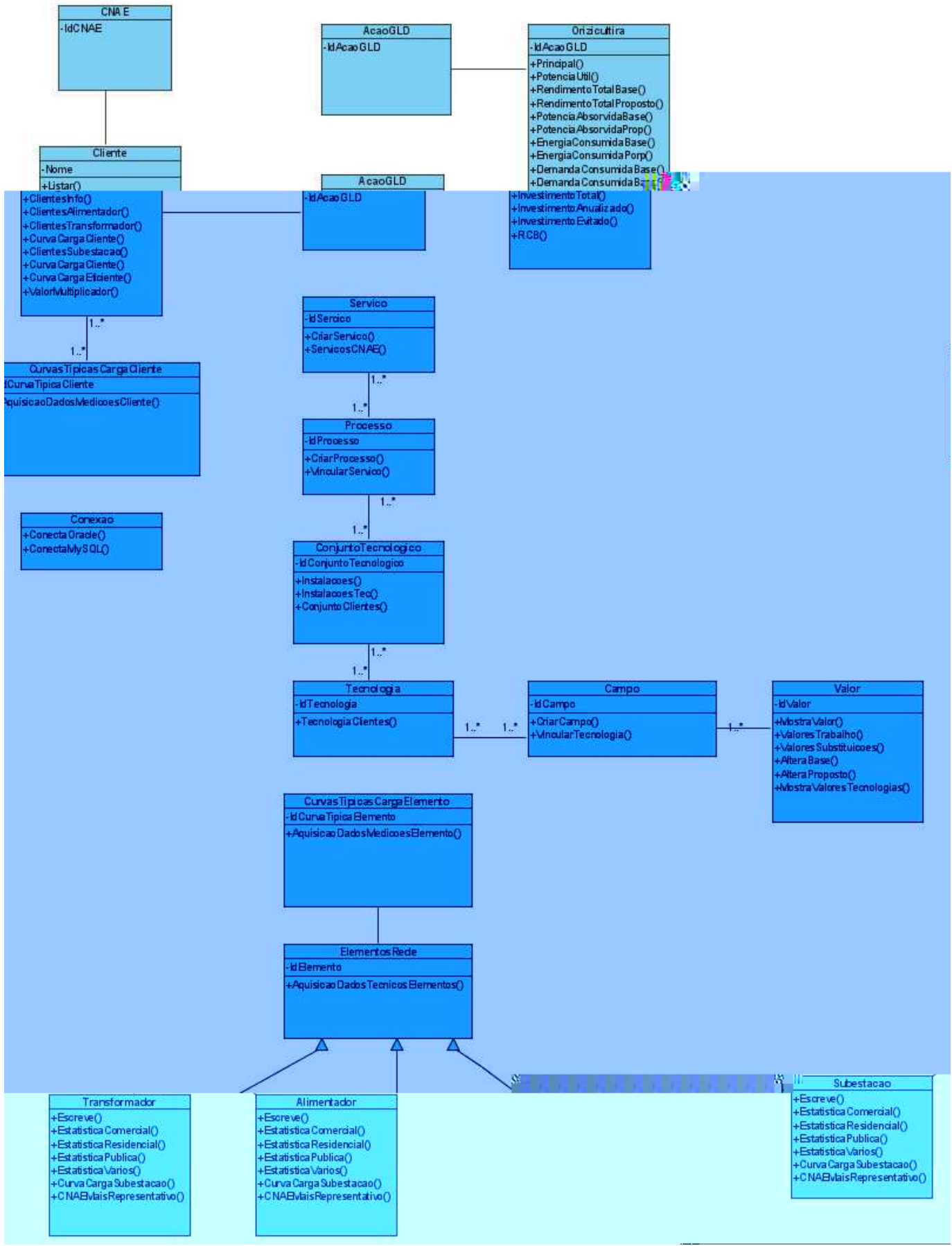
*Cria Valor* – Cria os valores dos campos para posterior atribuição aos clientes.

*Monta Árvore* – Executa a construção da árvore hierárquica que vincula a classe da CNAE ou clientes aos respectivos serviços, os serviços a seus processos, processos aos seus conjuntos tecnológicos, conjuntos tecnológicos às suas tecnologias, tecnologias aos seus campos e, finalmente, os campos aos respectivos valores.

## **Diagrama de Classes**

A estrutura de um sistema de computacional é formada pelas classes do sistema, as classes são matrizes de objetos, que identificam grupos de elementos do sistema que compartilham as mesmas propriedades.

O diagrama de classes representa as classes do sistema com três tipos básicos de informação: nome da classe; seus atributos; e seus métodos. Segue o diagrama de classes criado para representar o sistema desenvolvido nesta dissertação, bem com a descrição das principais classes (DEBONI, 2003).



## Descrição das Principais Classes

**Classe Subestação** (objeto responsável pelo controle das informações técnicas e de geo-referenciamento referentes às subestações da concessionária).

Operações:

*Escreve* – Lista as informações técnicas da subestação.

*EstatisticaComercial* – Contabiliza o número de clientes localizados na área de abrangência da subestação que pertencem a classe de consumo Comércio e Serviços.

*EstatisticaResidencial* – Contabiliza o número de clientes localizados na área de abrangência da subestação que pertencem a classe de consumo Residencial.

*EstatisticaPublica* – Contabiliza o número de clientes localizados na área de abrangência da subestação que pertencem a classe de consumo dos poderes públicos municipal, estadual, federal e iluminação pública.

*EstatisticaRural* – Contabiliza o número de clientes localizados na área de abrangência da subestação que pertencem a classe de consumo Rural mais os clientes irrigantes e cooperativas rurais.

*EstatisticaVarios* – Contabiliza o número de clientes localizados na área de abrangência da subestação que pertencem a classe de consumo Vários.

*CurvaCargaSubestacao* – Consulta o banco de dados das curva típicas de carga.

*CNAEMaisRepresentativo* – Classifica, em ordem de consumo, as classes da CNAE mais representativas da subestação.

---

**Classe Transformador** (objeto responsável pelo controle das informações técnicas e de geo-referenciamento dos transformadores da concessionária).

Operações:

*Escreve* – Lista as informações técnicas do Transformador.

*EstatisticaComercial* – Contabiliza o número de clientes localizados na área de abrangência do Transformador que pertencem a classe de consumo Comércio e Serviços.

*EstatisticaResidencial* – Contabiliza o número de clientes localizados na área de abrangência do Transformador que pertencem a classe de consumo Residencial.

*EstatisticaPublica* – Contabiliza o número de clientes localizados na área de abrangência do Transformador que pertencem a classe de consumo dos poderes públicos municipal, estadual, federal e iluminação pública.

*EstatisticaRural* – Contabiliza o número de clientes localizados na área de abrangência do Transformador que pertencem a classe de consumo Rural mais os clientes irrigantes e cooperativas rurais.

*EstatisticaVarios* – Contabiliza o número de clientes localizados na área de abrangência do Transformador que pertencem a classe de consumo Vários.

*CurvaCargaTr* – Consulta o banco de dados das curva típicas de carga e mostra a curva do Transformador.

*CNAEMaisRepresentativo* – Classifica, em ordem de consumo, as classes da CNAE mais representativos do Transformador.

---

**Classe Alimentador** (objeto responsável pelo controle e acesso às informações técnicas e de geo-referenciamento dos alimentadores da concessionária).

Operações:

*Escreve* – Lista as informações técnicas do Alimentador.

*EstatisticaComercial* – Contabiliza o número de clientes localizados na área de abrangência do Alimentador que pertencem a classe de consumo Comércio e Serviços.

*EstatisticaResidencial* – Contabiliza o número de clientes localizados na área de abrangência do Alimentador que pertencem a classe de consumo Residencial.

*EstatisticaPublica* – Contabiliza o número de clientes localizados na área de abrangência do Alimentador que pertencem a classe de consumo dos poderes públicos municipal, estadual, federal e iluminação pública.

*EstatisticaRural* – Contabiliza o número de clientes localizados na área de abrangência do Alimentador que pertencem a classe de consumo Rural mais os clientes irrigantes e cooperativas rurais.

*EstatisticaVarios* – Contabiliza o número de clientes localizados na área de abrangência do Alimentador que pertencem a classe de consumo Vários.

*CurvaCargaTr* – Consulta o banco de dados das curvas típicas de carga e mostra a curva do Alimentador.

*CNAEMaisRepresentativo* – Classifica, em ordem de consumo, as classes da CNAE mais representativos do Alimentador.

---

**Classe Cliente** (objeto responsável pelo controle de acesso das informações dos clientes da concessionária).

Operações:

*ClientesInfo* – Mostra as informações cadastrais do Cliente da concessionária (nome, NUC, endereço, a classe da CNAE e a descrição da mesma).

*ClientesAlimentador* – Lista os clientes atendidos por um determinado Alimentador.



*CientesTransformador* – Lista os clientes atendidos por um determinado Transformador.

*CientesSubestacao* – Lista os clientes servidos por uma determinada Subestação.

*CurvaCargaCliente* – Confecciona a curva típica de carga de cliente específico. A saída é uma lista com as potências aparentes em seus respectivos horários que serão disponibilizadas em gráfico de linha.

*CurvaCargaEficiente* – Produz a curva típica de carga do cliente após a aplicação das ações de GLD. A mesma é formada com base na curva típica de carga na qual são aplicados os resultados energéticos das ações de GLD.

*Valor Multiplicador* – Auxilia a operação *CurvaCargaEficiente* na formação da curva típica de carga após a aplicação dos ganhos das ações de GLD.

---

**Classe Conexão** (objeto responsável pelo controle das conexões necessárias para o funcionamento do sistema).

Operações:

*ConectaOracle* – Estabelece conexão com banco de dados Oracle.

*ConectaMySQL* – Estabelece conexão com o banco de dados MySQL.

---

**Classe Serviço** (objeto responsável pelo controle das informações referentes à representação dos serviços vinculados aos clientes e a classe da CNAE).

Operações:

*ServiçosCliente* – Lista os serviços vinculados a um cliente específico.

*ServicosCNAE* – Mostra os serviços disponíveis na classe da CNAE, aqueles que podem ser atribuídos aos clientes.

---

**Classe Processo** (objeto responsável pelo controle das informações referentes à representação dos processos pertencentes aos serviços).

Operações:

*ProcessosCliente* – Lista os processos vinculados aos serviços de um determinado cliente.

*ProcessosCNAE* – Lista os processos vinculados aos serviços de uma determinada classe da CNAE.

---

**Classe Conjunto Tecnológico** (objeto responsável pelo controle das informações referentes à representação dos conjuntos tecnológicos atribuídos aos processos).

Operações:

*Instalações* – Auxilia a montagem da árvore hierárquica que representa as instalações pertencentes a um determinado cliente.

*InstalaçõesTec* – Auxilia a operação *Instalações*.

*ConjuntosCliente* – Lista os conjuntos tecnológicos vinculados aos processos dos serviços de um determinado cliente.

---

**Classe Tecnologia** (objeto responsável pelo controle das informações referentes à representação das tecnologias vinculadas aos conjuntos tecnológicos).

Operações:

*TecnologiasClientes* – Lista as tecnologias de um determinado conjunto de um processo de um serviço que está vinculado a um determinado cliente.

---

**Classe Valor** (objeto responsável pelo controle das informações referentes à representação dos valores vinculados às tecnologias).

Operações:

*MostraValor* – Lista os valores vinculados.

*ValoresTrabalho* – Disponibiliza os valores vinculados ao trabalho no qual o conjunto tecnológico está envolvido diretamente.

*ValoresSubstituições* – Lista os valores vinculados às tecnologias propostas.

*AlteraBase* – Altera os valores vinculados às tecnologias dos conjuntos instalados no cliente.

*AlteraProposto* – Altera os valores vinculados às tecnologias dos conjuntos que serão instalados no cliente como sugestões de melhorias (ações de GLD).

*MostraValoresTecnologias* – Mostra as alternativas de valores disponíveis no banco de dados para uma determinada tecnologia.

---

**Classe Orizicultura** (objeto responsável pelo controle e representação da ação de GLD aplicável aos clientes da concessionária que têm em comum a produção de arroz, mais especificamente a cultura do arroz por intermédio da irrigação).

Operações:

*Principal* – Operação responsável por disponibilizar a visualização das informações que a presente classe se propõem calcular.

*PotenciaUtil* – Calcula a potência útil, em sua totalidade, de um determinado conjunto tecnológico.

*RendimentoTotalBase* – Calcula o rendimento total de um conjunto tecnológico base (aquele instalado no cenário produtivo do cliente), isto é leva em consideração todas as tecnologia que o compõem.

*RendimentoTotalProp* – Calcula o rendimento total do conjunto tecnológico proposto para substituição do base, também leva em consideração todas as tecnologia que o compõem.

*PotenciaAbsorvidaBase* – Calcula a potência absorvida pelo conjunto tecnológico base.

*PotenciaAbsorvidaProp* – Calcula a potência absorvida pelo conjunto tecnológico proposto para substituição do conjunto base.

*EnergiaConsumidaBase* – Calcula a energia consumida pelo conjunto tecnológico instalado no cliente.

*EnergiaConsumidaProp* – Calcula a energia consumida pelo conjunto tecnológico proposto para substituir o conjunto base.

*DemandaConsumidaBase* – Operação responsável pelo cálculo da demanda consumida das instalações dos clientes.

*DemandaConsumidaProp* – Operação responsável pelo cálculo da demanda consumida da instalação proposta para substituição da base.

*InvestimentoTotal* – Calcula o valor monetário aplicado na ação de GLD executada (soma o valor do total do conjunto instalado proposto com base em cada uma das tecnologias que o compõem).

*InvestimentoAnualizado* – Calcula o valor do investimento aplicado da ação de GLD de maneira anualizada.

*InvestimentoEvitado* – Calcula o valor monetário do investimento evitado em função da ação de GLD executada.

*RCB* – Calcula a relação custo benefício (RCB) promovida pela aplicação da ação de GLD.

## Anexo 2 – Geração das Curvas de Carga Típicas

A seguir, apresenta-se a metodologia utilizada pelo SIADAGE para a geração e armazenamento das curvas de carga típicas dos clientes.

É aconselhável que o usuário do SIADAGE tenha um conhecimento prévio do grupo de clientes para o qual se deseja construir as curvas típicas, bem como da região em que os mesmos se inserem. Sendo assim é importante considerar os seguintes aspectos:

- as diferentes estações do ano;
- os diferentes períodos do ano;
- a variação de consumo para diferentes dias da semana e dias atípicos (dias úteis, sábados, domingos e feriados);
- as condições climáticas;
- as condições sócio-econômicas das regiões em análise.

O SIADAGE submete os dados de medições dos consumidores e dos elementos da rede a um tratamento estatístico para formar as curvas típicas de carga. As mesmas são importantes para o estabelecimento da responsabilidade dos consumidores no perfil típico de carga ao longo da rede de distribuição de energia.

Para a identificação de curvas típicas de carga, convencionou-se tratar os três dias mais representativos, ou seja, um dia útil, um sábado e um domingo. Inicialmente são identificadas as curvas de carga para os dias escolhidos, representando o comportamento típico.

O procedimento é repetido para cada consumidor e elemento da rede pertencente ao grupo de clientes contidos na região objeto de estudo. Ao final, cada consumidor e elemento do sistema estão associados a três curvas características relacionadas aos três dias representativos mencionados anteriormente, como ilustra a Figura 1.

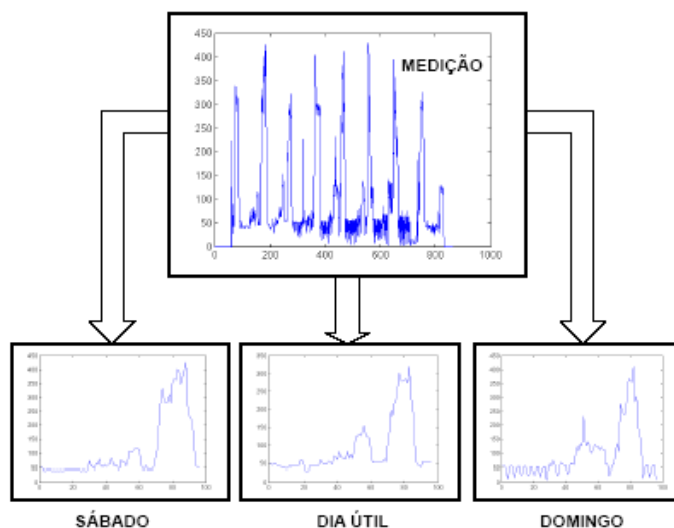


Figura 1. Processo de Separação das Curvas Típicas.

Fonte: (KAEHLER, 2005).

As curvas características dos clientes representam o universo de consumidores de um nível de tensão, subgrupo tarifário, classe ou faixa de consumo, etc. Por sua vez, as curvas características dos elementos do sistema representam o universo dos postos de transformação do sistema, como ilustrado na Figura 2.

- Classificação / Filtro

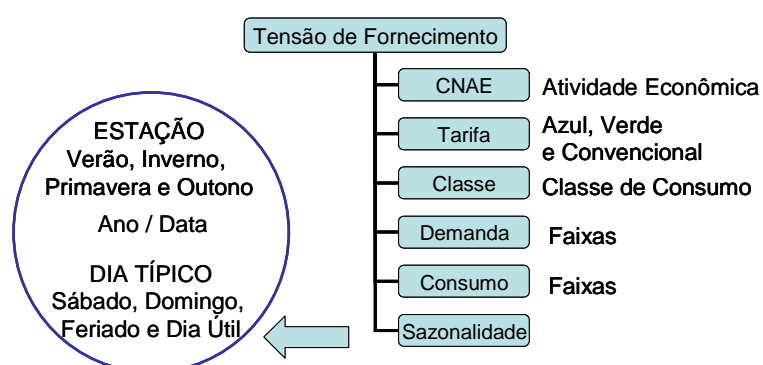


Figura 2. Agregação e Síntese das Informações.

Fonte: (KAEHLER, 2005).

Outras formas de classificações ou caracterizações podem ser utilizadas na agregação das curvas de carga dos clientes como, por exemplo:

- período seco;
- período úmido;
- subestação;
- transformador;
- alimentador.

O SIADAGE determina o valor médio estimado de cada ponto de amostra ( $I_t$ ) de carga usando a Equação 1:

$$I_t = \frac{1}{5} \cdot [2 \cdot I_{ts} + 2 \cdot Me\{I_{ts}\} + Mo\{I_{ts}\}] \quad \text{Equação 1. Valor Médio de Cada Ponto de Amostra.}$$

Onde:

- $I_t$  é o valor médio estimado de cada ponto da amostra.
- $I_{ts}$  é o valor instantâneo de cada ponto da amostra.
- $Me$  é a mediana de cada ponto da amostra.
- $Mo$  é a moda de cada ponto da amostra.

Os valores da amostra são normalizados. A utilização da Equação 1, na estimação da ordenada da curva típica de carga, torna possível obter resultados mais bem fundamentados, em comparação com o uso apenas da média dos valores iniciais. Isto está associado ao fato de que no primeiro caso os valores aleatórios excessivos ou erros de medidas podem distorcer os resultados, levando em consideração o pequeno volume de uma amostra. Por isso, com esta abordagem pode-se eliminar ou reduzir a influência de medidas aleatórias ou incertas.

Para a obtenção das curvas típicas de carga o SIADAGE executa os seguintes passos:



- definição do intervalo de integração ou período de análise diário (informado pelo usuário);
- filtrar curvas conforme dia útil, sábados, domingos e feriados;
- calcular a média estimada e o desvio padrão estimado para cada curva típica de carga;
- obter uma curva típica de carga da média estimada e outra do desvio padrão para cada cliente, grupo de clientes ou elemento do sistema elétrico;
- normalização das curvas obtidas pela demanda máxima para todos os consumidores ou elementos do sistema.

O SIADAGE, depois de construir e armazenar no banco de dados as curvas típicas de carga, disponibiliza a consulta das mesmas:

- consulta de curva típica de carga de um transformador de subestação (Figura 3);

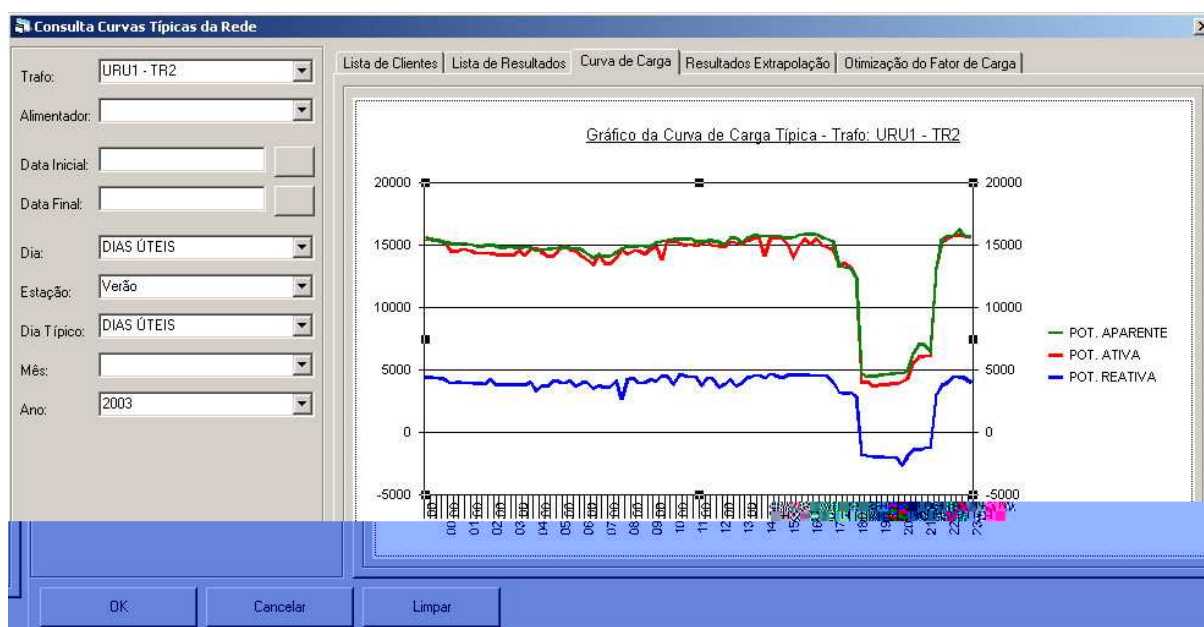


Figura 3. Consulta das Curvas Típicas de Carga dos Transformadores.

Fonte: (KAEHLER, 2005).

- consulta de curva típica de carga de um alimentador (Figura 4);

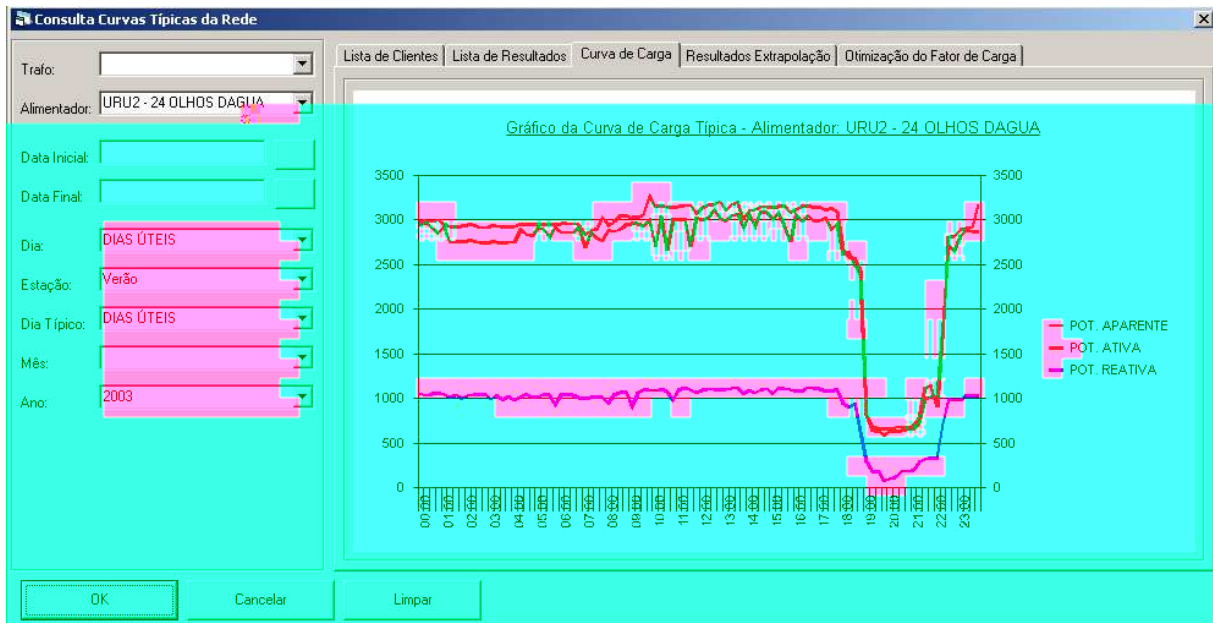


Figura 4. Consulta das Curvas Típicas de Carga dos Alimentadores.

Fonte: (KAEHLER, 2005).

- consulta de curva típica de carga de um cliente com as opções de potências ativa, reativa ou aparente (Figura 5).

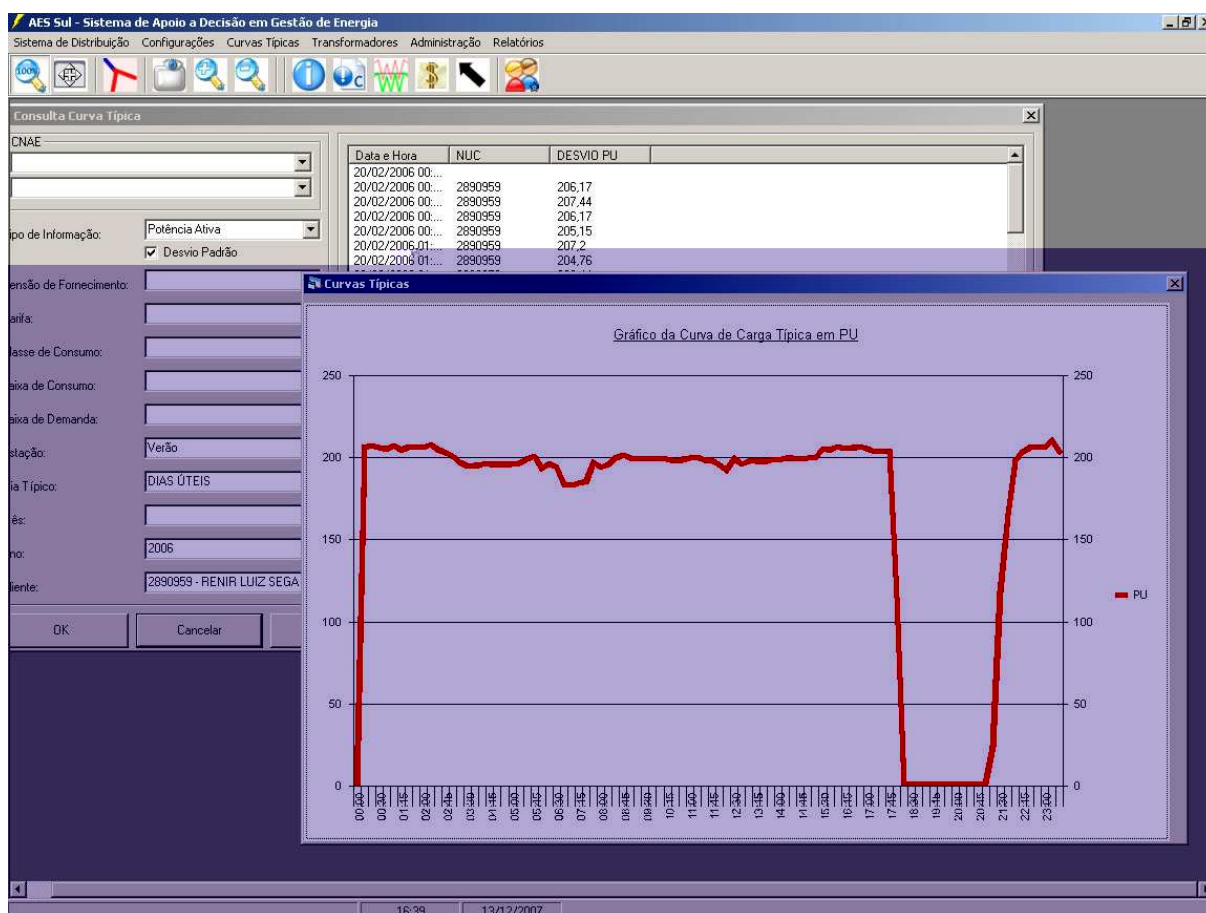


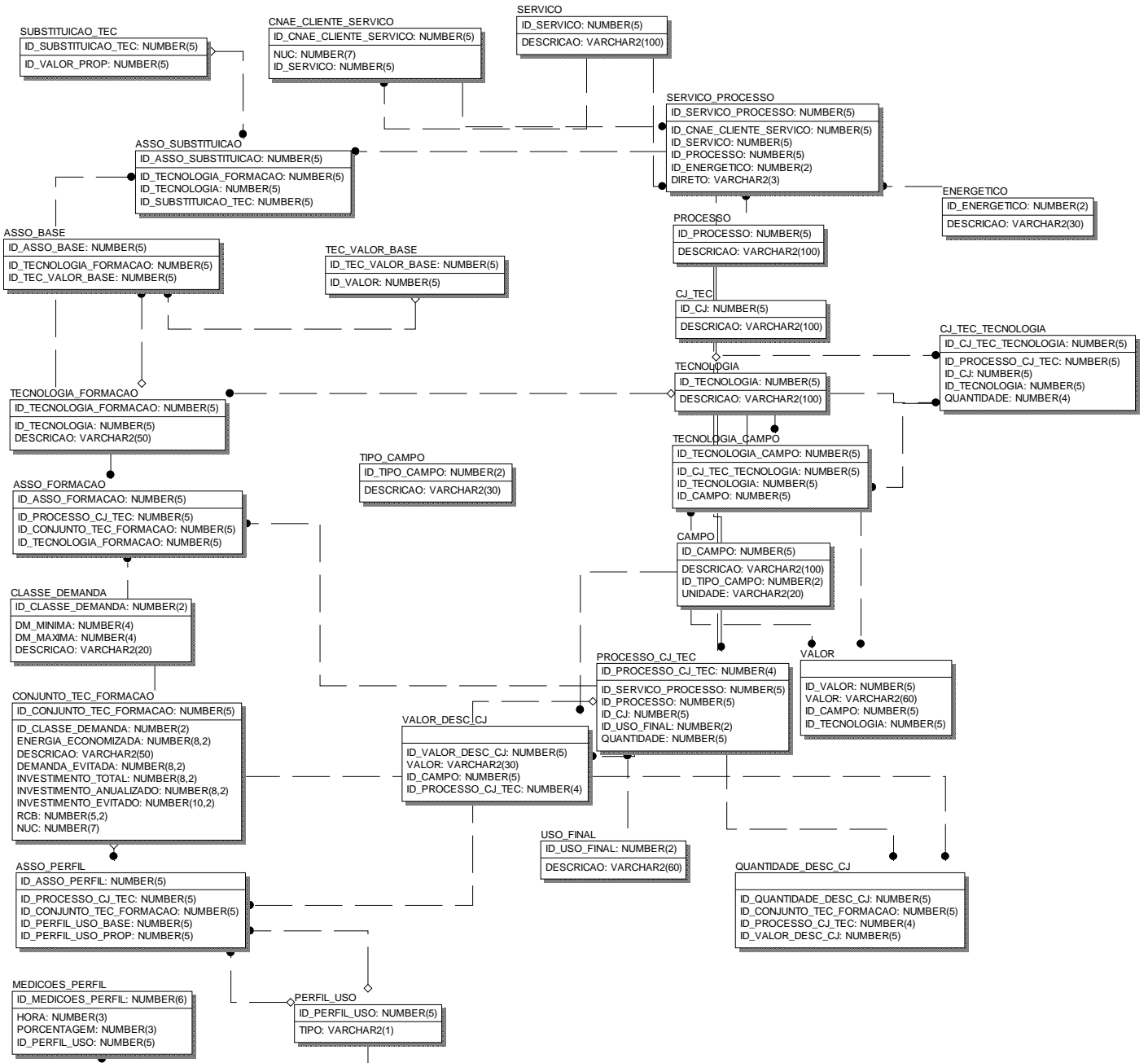
Figura 5. Consulta das Curvas Típicas de Carga por Cliente.

Fonte: (KAEHLER, 2005).

O banco de dados com as curvas típicas dos clientes e dos elementos da rede da concessionária será acessado pelo sistema proposto por esta dissertação. O objetivo é refletir os resultados das ações de GLD propostas nas curvas típicas geradas anteriormente.

## **Anexo 3 – Diagrama Entidade Relacional – BD Ações de GLD**

O diagrama Entidade Relacional (ER) representa, em alto nível de abstração, a estrutura lógica global de uma base de dados (DEBONI, 2003). Segue o diagrama ER que representa a base de dados dos cenários das ações de GLD.



## **Anexo 4 – Publicações Relacionadas ao Desenvolvimento da Dissertação**

Ao longo do desenvolvimento desta dissertação foram publicados os seguintes trabalhos:

SANTOS, Fábio Luís da Silva; ZANONI, Cícero; KAEHLER, José Wagner Maciel. Avaliação de Processos Produtivos em Ações pelo Lado da Demanda. In: *Congreso y Exposición Internacional de Distribución Eléctrica* – CIDEL. Buenos Aires. Anais do **Congreso y Exposición Internacional de Distribución Eléctrica – CIDEL**. 2006.

KAEHLER, José Wagner Maciel; SANTOS, Fábio Luís da Silva; GABIATTI, Adriano; ZANONI, Cícero; MINUSSI, Marlon Mendes. Sistema de Apoio à Decisão e Simulação para Gestão de Ações dos Programas de Eficiência Concessionárias de Energia Elétrica – SIADAGE. In: *Congreso y Exposición Internacional de Distribución Eléctrica* – CIDEL. Buenos Aires. Anais do **Congreso y Exposición Internacional de Distribución Eléctrica – CIDEL**. 2006.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)