

Desenvolvimento de Software para Avaliação Técnica-Econômica das Alternativas de Investimento propostas em Projetos de Diagnóstico Energético

C. Penna, A. P. C. Paraguassu, C. M. Matos – ENERSUL;
I. S. Escobar – STB Engenharia; V. Ferlete – Elo Tecnologia Ltda

RESUMO

A realização de diagnósticos energéticos tem a sua importância fundamentada no levantamento da situação atual das instalações elétricas. Os trabalhos permitem caracterizar energeticamente os processos, analisar a participação dos usos finais no consumo de energia, detectar os potenciais de melhoria, propor medidas que contribuam para a eficiência energética, analisar o custo-benefício das medidas propostas, propor um programa de investimento com a cronogramação física e financeira para a implementação das ações, e estabelecer uma sistematização de acompanhamento, incluindo a definição de itens de controle de forma a garantir o sucesso do empreendimento.

O presente trabalho apresenta as funcionalidades de uma ferramenta computacional desenvolvida, com o intuito de auxiliar o engenheiro / técnico responsável por trabalhos de diagnósticos energéticos nas etapas de tratamento dos dados levantados em campo. Garantindo a confiabilidade dos cálculos, os consultores poderão concentrar a sua atenção nas análises, que constitui o foco principal dos estudos.

PALAVRAS-CHAVE

Eficiência energética, diagnósticos energéticos, software.

I. INTRODUÇÃO

A racionalização do uso da energia elétrica é uma preocupação permanente das sociedades dos países desenvolvidos, o que vem assegurar, através da aplicação de metodologias e tecnologias eficientes, o aumento do consumo de energia numa proporção significativamente inferior ao aumento da produção industrial, possibilitando assim, a postergação de pesados investimentos e minimizando os impactos ao meio ambiente.

Este trabalho foi desenvolvido pela Empresa Energética de Mato Grosso do Sul – ENERSUL em parceria com a Elo Tecnologia, com a colaboração da STB Engenharia, a quem agradecemos.

C. Penna é Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia e atua como supervisora de Eficiência Energética da ENERSUL.

A. P. C. Paraguassu e C. M. Matos são tecnólogos em processamento de dados e atuam na área de Análise de Sistemas da ENERSUL.

I. S. Escobar é engenheiro eletricista pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e atua como consultor na área de Eficiência Energética.

V. Ferlete é especialista em engenharia de website pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e atua no desenvolvimento de sistemas.

Atualmente, as pressões do mercado exigem que as empresas otimizem os seus processos, de forma a permitir uma produção com qualidade, com o menor custo possível, garantindo a sua competitividade comercial. A implementação de um projeto visando a redução de custos com energia elétrica, através do combate aos focos de desperdício, toma importância fundamental neste sentido.

Inicialmente, faz-se necessário diferenciar os conceitos de *conservação de energia* e *redução de custos com energia*. O primeiro, de natureza técnica, refere-se à aplicação de técnicas, procedimentos e equipamentos eficientes visando produzir a mesma quantidade com menor consumo de energia. O segundo, mais amplo, se sobrepõe ao primeiro, incluindo preocupações de natureza comercial.

Partindo desta diferenciação, é importante salientar que a implementação de projetos de eficiência energética demanda conhecimentos técnicos e de engenharia econômica, que representam os fundamentos básicos para o desenvolvimento dos trabalhos.

Com base nestes dois enfoques, e considerando as particularidades de sistema e de produção de cada unidade consumidora, será possível investigar os potenciais de redução de custos com energia elétrica e definir as medidas administrativas e técnicas passíveis de aplicação.

Considerando os usos finais a serem analisados em um trabalho de diagnóstico energético, o sistema de iluminação constitui o mais generalizado, onde a aplicação de tecnologias eficientes é bastante acessível, devido à grande variedade de produtos no mercado.

As medidas aplicáveis envolvendo motores elétricos se caracterizam na utilização de equipamentos de velocidade variável ou de alto rendimento, e à manutenção sistemática dos equipamentos existentes. Adicionalmente, a adequação do tipo e da potência dos motores ao tipo de carga a ser acionada garante a eficiência do processo e permite uma redução do consumo de energia elétrica.

Em termos da regulação da curva de carga do sistema elétrico, as tarifas horo-sazonais tendem a alcançar grande êxito. A intenção é modular as atividades produtivas no horário de grande solicitação de demanda, contribuindo para descaracterizar a formação do pico na curva de carga do sistema.

A indicação de medidas técnicas visando a economia de energia e a correção de problemas técnicos exigem um estudo criterioso. Qualquer que seja a abrangência do projeto, sua implementação deverá ser precedida do conhecimento do sistema elétrico e das condições operacionais das unidades consumidoras. Esta fase corresponde à realização de um *diagnóstico energético*, caracterizado como uma auditoria energética, com o objetivo de informar a situação atual das instalações elétricas, e propor alternativas de melhoria.

Considerando que os estudos dos vários usos finais, compreendendo os sistemas de iluminação, refrigeração, condicionamento de ar, motores, transformadores, quadros de distribuição, etc., análises das condições de fornecimento, enquadramento tarifário, e do fator de potência devem ser procedidos individualmente e, posteriormente, investigados de forma global, torna-se muito interessante a composição de uma ferramenta computacional específica, que auxilie o consultor na definição das estratégias de ação.

O desenvolvimento de um programa computacional abordando as dimensões e as particularidades de um estudo de eficiência energética será de grande valia, uma vez que permitirá ao consultor tratar os dados levantados em campo, proceder as análises técnica e econômica das alternativas de investimento e disponibilizar um projeto completo, contendo inclusive a descrição detalhada dos materiais e dos serviços especializados a serem aplicados.

A ferramenta computacional desenvolvida contempla a implementação de vários módulos de análise técnica. Módulos com funções administrativas e de análise econômica, englobando fluxo de caixa, serão implementadas posteriormente. A idéia é reunir em uma só ferramenta todas as funcionalidades vinculadas à elaboração de projetos de diagnóstico energético.

II. ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO

A realização de diagnósticos energéticos representa uma atividade ímpar quando se discute a questão da conservação de energia. Sua importância está fundamentada no conhecimento dos hábitos de utilização de energia por parte dos consumidores. O programa desenvolvido permite identificar potenciais de otimização de consumo, e sugerir medidas administrativas e técnicas visando a utilização racional dos recursos existentes.

A implementação do programa computacional seguiu as seguintes etapas de desenvolvimento:

- **ETAPA 1) CONCEPÇÃO:**
Compreendeu o desenvolvimento global da idéia. Nesta etapa, todas as características do programa foram relacionadas, bem como os módulos a serem implementados, de tal forma a proporcionar uma visão macro do processo, e permitir a construção das tabelas de relacionamento de dados.
- **ETAPA 2) PLANEJAMENTO:**
Esta etapa compreendeu a descrição resumida dos módulos a serem desenvolvidos. Para cada módulo, foi elaborado um descritivo da abordagem técnica.

Adicionalmente, nesta etapa, definiu-se a linguagem para o desenvolvimento do programa.

- **ETAPA 3) DEFINIÇÃO E PROJETO:**
Nesta etapa, foram desenvolvidos os modelos matemáticos utilizados em cada módulo do programa, e planejada toda a sua estrutura computacional.
- **ETAPA 4) IMPLEMENTAÇÃO:**
Esta etapa consistiu na principal fase do projeto, onde foram efetivamente implementadas todas as formulações matemáticas, os bancos de dados, as estruturas de linguagem e a interface com o usuário.
- **ETAPA 5) CONVERSÃO:**
Nesta última etapa, o software assumiu a sua composição atual, dedicada ao usuário final. Foi realizada a compilação final do programa, a implementação do gerenciador de instalação e a construção de um banco de dados com a documentação relativa ao trabalho.

III. ESTRUTURA OPERACIONAL E FUNCIONALIDADES DO PROGRAMA

O programa computacional desenvolvido foi denominado “*ENERSYS – Sistema de Análise da Energia Elétrica*”, cuja logomarca está mostrada a seguir.



FIGURA 1 – Logomarca do programa computacional desenvolvido.

Foi elaborada uma sequência de procedimentos para a instalação do programa, que se apresenta compatível com versões do Windows 9x ou superior.

Para a sua inicialização, o programa solicita que o usuário informe um *Login* e uma *Senha* de acesso ao sistema.

Ao inserir as informações solicitadas, o usuário passa a ter acesso às telas de cadastro dos dados das instalações e aos módulos de análise do programa.

O usuário deverá cadastrar as informações referentes a cada cliente nos módulos de cadastro específicos, que servirão de base para as análises a serem realizadas.

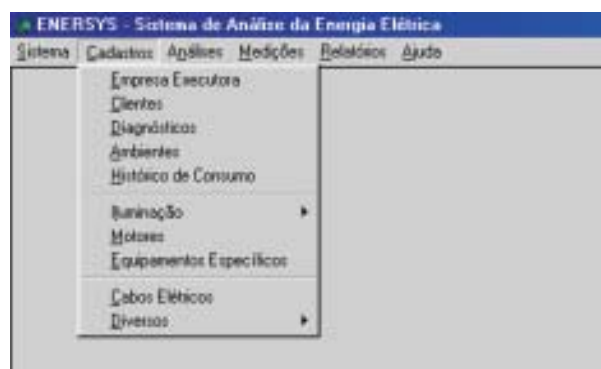


FIGURA 2 – Módulo de cadastro das informações dos clientes, da empresa executora do diagnóstico energético, e dos equipamentos e dispositivos utilizados.

Para que se tenha acesso aos módulos de análise técnica do programa, é necessário que o usuário indique o diagnóstico no qual irá trabalhar. O procedimento está indicado na figura 3.

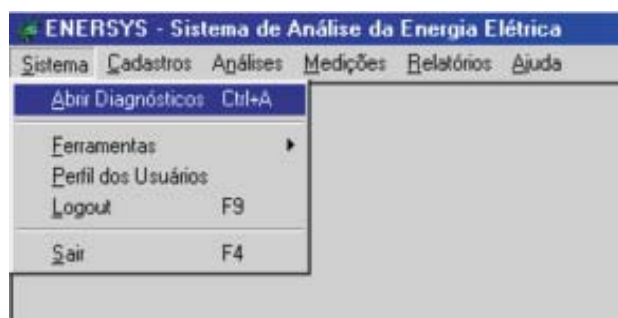


FIGURA 3 – Módulo de abertura de diagnósticos já cadastrados.

O programa processará a análise dos usos finais (iluminação, motores e equipamentos específicos) por ambiente. Permitirá também a análise dos transformadores e quadros de distribuição presentes na unidade consumidora considerada.



FIGURA 4 – Módulos de análise por ambiente.

O módulo **Iluminação** possibilita o cadastramento dos dispositivos presentes na unidade consumidora, e a análise da iluminação por ambiente. O módulo permite a construção de gráficos luximétricos, permitindo ao usuário visualizar as disposições mais adequadas para as luminárias nos ambientes.

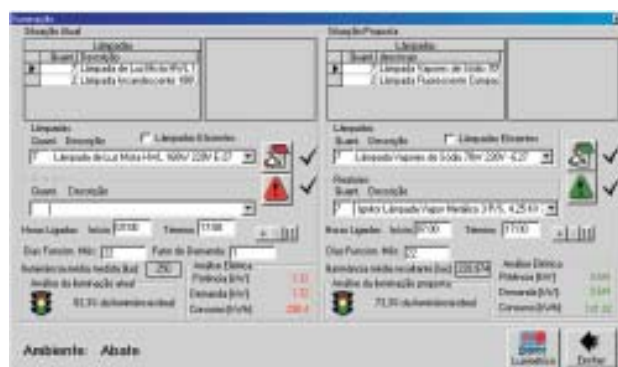


FIGURA 5 – Módulo Iluminação.

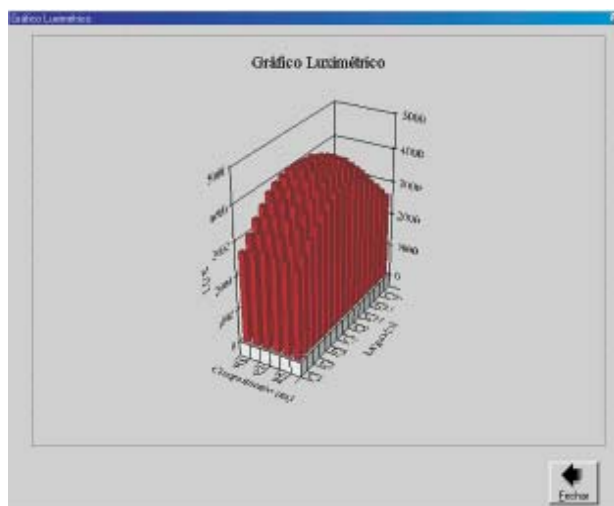


FIGURA 6 – Exemplo de um gráfico luximétrico gerado.

O módulo **Motores** possibilita o cadastramento dos dados relativos aos motores elétricos, levantados na instalação, e a análise referente à eficiência energética nestes equipamentos.

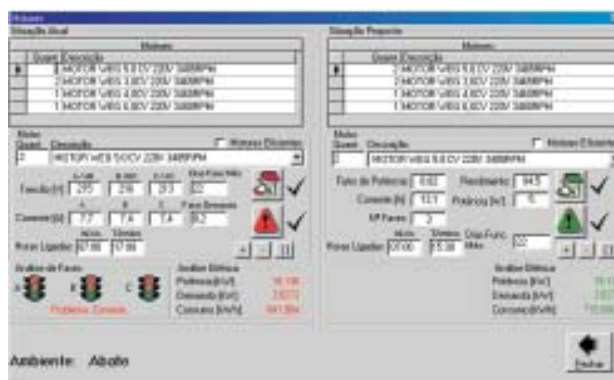


FIGURA 7 – Módulo Motores.

O módulo **Equipamentos Específicos** possibilita o cadastro de equipamentos tais como condicionadores de ar, sistemas de refrigeração e de ar comprimido, computadores, etc., e permite a avaliação relacionada à conservação de energia aplicada a esses equipamentos.



FIGURA 8 – Módulo Equipamentos Específicos.

O módulo **Transformadores** possibilita o cadastramento dos dados relativos aos transformadores de potência, levantados na instalação, e a realização das análises técnicas pertinentes.

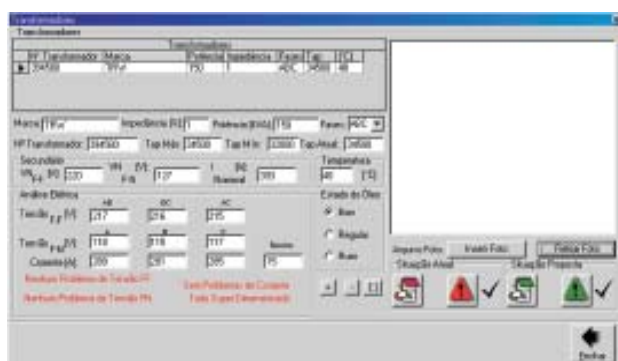


FIGURA 9 – Módulo Transformadores.

O módulo **Quadros de Distribuição** permite o cadastramento da situação elétrica/térmica dos componentes dos quadros de distribuição.



FIGURA 10 – Módulo Quadros de Distribuição.

Os módulos implementados no programa possuem a característica de tratar as informações das situações atuais, e fornecer sugestões de melhoria para as situações propostas, as quais poderão ser destacadas pelo usuário, de acordo com a sua aplicabilidade.



✓ **Marca de Comentário.** É encontrada ao lado de outros botões quando os mesmos possuírem marcações ou anotações.



✎ **Anotações da Situação Proposta.** Neste quadro, o usuário poderá registrar as anotações correspondentes à situação proposta em cada módulo.



✎ **Anotações da Situação Atual.** Neste quadro, o usuário poderá registrar as anotações correspondentes à situação atual em cada módulo.



⚠ **Recomendações.** Neste quadro, o usuário irá selecionar as medidas técnicas e administrativas a serem sugeridas ao cliente, como parte da Situação Proposta.



⚠ **Advertências.** Neste quadro, o usuário irá selecionar os problemas detectados na instalação para cada equipamento na Situação Atual.



🟢 **Semáforo Verde.** Indica que a grandeza analisada encontra-se dentro de padrões considerados adequados.



🟡 **Semáforo Amarelo.** Indica que a grandeza analisada encontra-se dentro de padrões considerados aceitáveis.



🔴 **Semáforo Vermelho.** Indica que a grandeza analisada encontra-se fora de padrões considerados adequados e aceitáveis.

O programa permite adicionalmente as análises tarifária, harmônica, do retorno do investimento, e do fator de potência, conforme mostrado na tela a seguir.

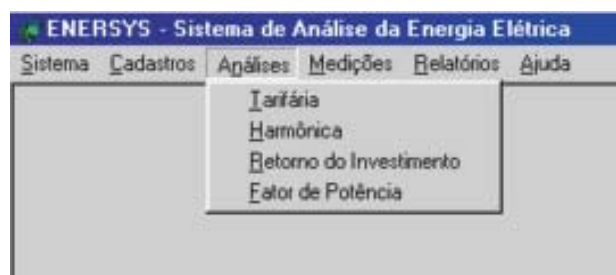


FIGURA 11 – Módulo de acesso às análises técnicas e econômica das alternativas de investimento.

O módulo **Análise Tarifária** permite, a partir de dados de consumo e de demanda do cliente, proceder simulações de operação da unidade consumidora enquadrada em cada uma das opções tarifárias disponíveis. Da análise das simulações, o usuário tem condições de indicar a melhor opção tarifária para o cliente.

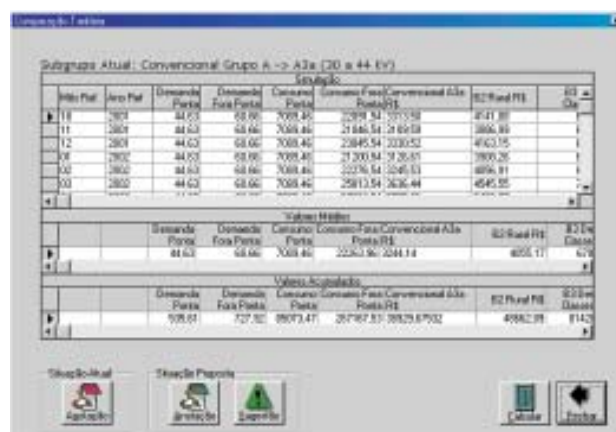


FIGURA 12 – Módulo Análise Tarifária.

O módulo **Análise Harmônica** permite a visualização gráfica de formas de onda de tensão e de corrente. A metodologia decompõe os sinais em componentes harmônicas, utilizando a Transformada Rápida de Fourier, e apresenta os respectivos espectros harmônicos.

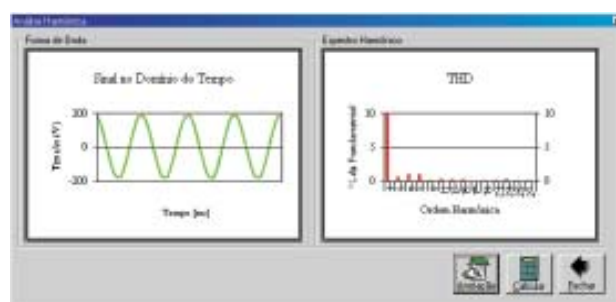


FIGURA 13 – Módulo Análise Harmônica.

O módulo **Análise do Retorno do Investimento** permite a análise do retorno do capital a ser aplicado no empreendimento, servindo de base para a definição da viabilidade econômica do projeto.

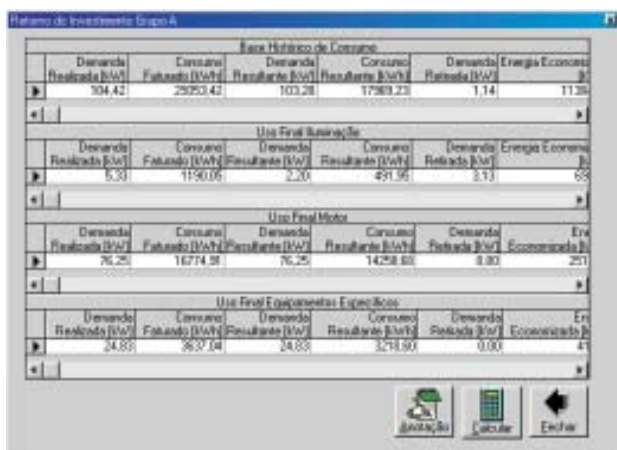


FIGURA 14 – Módulo Análise do Retorno do Investimento.

O módulo **Análise do Fator de Potência** permite, a partir da leitura de um arquivo com dados de medição pré-adquirido, analisar a situação atual do fator de potência da instalação, e propor a correção desta grandeza, quando aplicável. O módulo possibilita adicionalmente ao usuário sugerir e dimensionar a potência capacitiva necessária para a adequação do fator de potência à legislação em vigor.

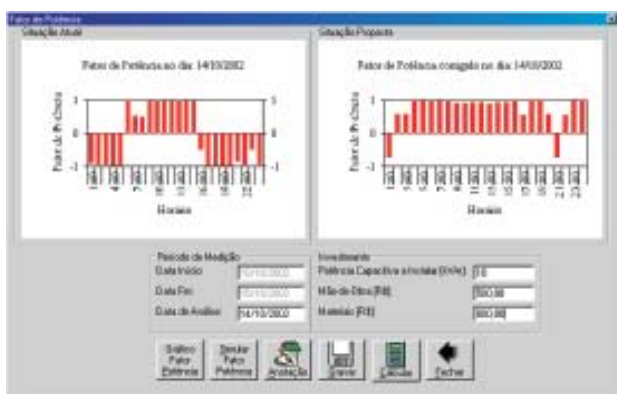


FIGURA 15 – Módulo Análise do Fator de Potência.

O programa possibilita a importação de dados de medição de alguns equipamentos, conforme mostrado na tela a seguir.

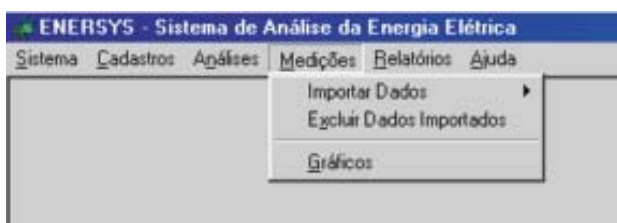


FIGURA 16 – Módulo de acesso à importação, exclusão e visualização gráfica dos dados de medição.

Os módulos **Importar Dados** e **Excluir Dados Importados** permitem, respectivamente, buscar e excluir diretamente de um arquivo de memória de massa, produto de um equipamento de medição acumulador, os dados de medição a serem trabalhados. Foram implementadas as

interfaces com os seguintes medidores: Alpha (demanda, consumo e fator de potência) e PQNode Plus 8020 (tensão e corrente). O módulo possibilita a visualização gráfica das curvas de demanda e de fator de potência para um período de medição considerado.

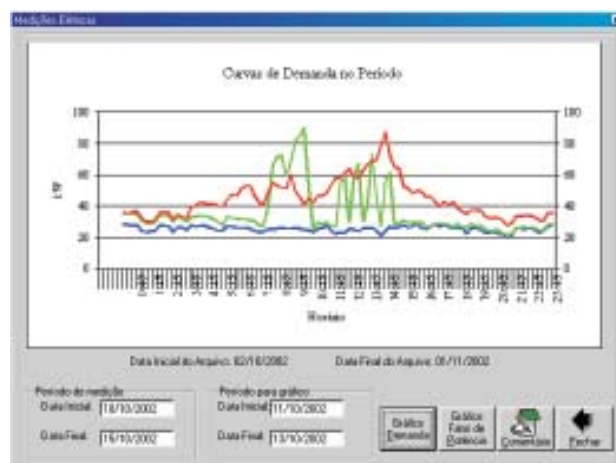


FIGURA 17 – Módulo Gráficos - Demanda.



FIGURA 18 – Módulo Gráficos – Fator de Potência.

O programa possibilita, no módulo **Relatório de Diagnóstico da Instalação**, a visualização e impressão de um relatório contendo as informações do cliente cadastradas para o diagnóstico e os resultados das análises em cada módulo, constituindo o *relatório de diagnóstico energético* da instalação, conforme mostrado na tela a seguir.

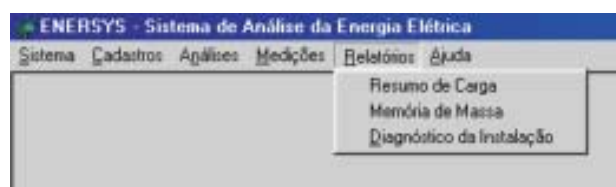


FIGURA 19 – Módulo de acesso ao relatório de diagnóstico energético da instalação.

O programa permite que o relatório seja visualizado e impresso completo ou por módulos de análise, de acordo com o interesse do usuário.

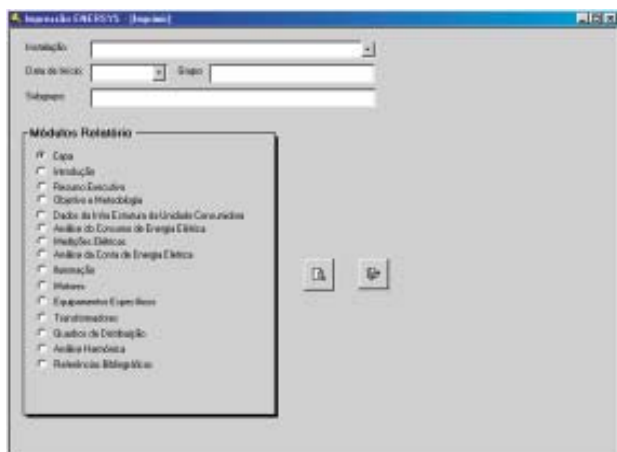


FIGURA 20 – Módulos de análise integrantes do relatório, disponíveis para visualização e impressão.

O programa contém um menu **Ajuda** com informações acerca do sistema e um resumo das suas funcionalidades, conforme mostrado na tela a seguir.

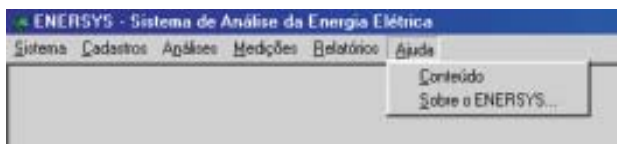


FIGURA 21 – Módulo de acesso ao menu Ajuda do sistema.

O item **Conteúdo** contém toda a descrição dos módulos do programa, incluindo explicações sobre a sua utilização. O item **Sobre o ENERSYS** relaciona informações sobre o corpo técnico de desenvolvimento do sistema.

Adicionalmente, foram implementadas as seguintes rotinas:

- **Banco de Imagens:** permitindo ao usuário incluir fotos no trabalho;
- **Procedimento de Backup:** possibilitando a criação de cópias seguras da base de dados;
- **Ferramentas de Base de Dados:** permitindo manutenções e organizações da base de dados de uma maneira automatizada;
- **Política de Segurança:** definindo o nível de acesso dos usuários às funcionalidades do programa;
- **Proteção Contra Cópias não Autorizadas:** blindando o programa através do acoplamento de um dispositivo de proteção (*hardlock*) ao microcomputador no qual for instalado;
- **Adequação para Rede Local:** Disponibilização do programa no servidor da ENERSUL, viabilizando condições de um ou mais usuários utilizarem o sistema ao mesmo tempo.

IV. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos profissionais da ENERSUL e ao engenheiro eletricista Fábio Ricetti Marques (ENERSUL) que colaboraram com críticas e sugestões, que muito contribuíram para o aprimoramento do trabalho.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Weg Acionamentos, Catálogos referentes a motores e transformadores, Brasil.
- [2] Osram, “Manual Luminotécnico Prático”, Brasil.
- [3] Haddad, J., Yamachita, Roberto A., Torres, Germano L., Software Ilumina, Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico – Vol. 21 – Nº 1 – fevereiro 1997.
- [4] CEMIG, Software Mark IV, Brasil.
- [5] EEE Empresa de Equipamento Elétrico Lda, WinElux Versão 1.0 – Cálculo de Iluminação de Interiores, Águeda – Portugal.
- [6] PROCEL, “Manual de Conservação de Energia Elétrica na Indústria”.
- [7] Cardoso, Fábio L., Carvalho, Roberto C., “Racionalização do Uso e Redução de Custos de Energia Elétrica”, Núcleo de Treinamento Tecnológico, junho 1997.
- [8] Affonso, Antônio Carlos G., Planilhas eletrônicas de cálculo das tarifas horo-sazonais, Escelsa – CCCE, 2000.
- [9] Mickeveli, Mike, Webb, Jeff, “Guia de Referência do VB5”, Editora Campus, 1997.
- [10] Yourdon, Edward, “Análise Estruturada Moderna”, Editora Campus, 1999.
- [11] Gane, Cris, “Análise Estruturada de Sistemas”, Editora Campus, 1995.