

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ALEX RENAN ARRIFANO MANITO

DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA PARA
MONITORAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES

DM 17/2012

UFPA/ITEC/PPGEE
Campus Universitário do Guamá
Belém – Pará – Brasil
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ALEX RENAN ARRIFANO MANITO

DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA PARA
MONITORAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES

UFPA/ITEC/PPGEE
Campus Universitário do Guamá
Belém – Pará – Brasil
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ALEX RENAN ARRIFANO MANITO

DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA PARA
MONITORAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES

Dissertação submetida à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFPA, como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Elétrica na área de Sistemas de Energia Elétrica.

DM 17/2012

UFPA/ITEC/PPGEE
Campus Universitário do Guamá
Belém – Pará – Brasil
2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UFPA, Belém-PA

Manito, Alex Renan Arrifano, 1986 -

Desenvolvimento e implantação de um sistema para monitoração do desempenho energético de edificações / Alex Renan Arrifano Manito. — 2012.

Orientador: João Tavares Pinho

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Belém, 2012.

1. Energia - Consumo. 2. Energia – Conservação. 3. Engenharia - Instrumentos. I. Título.

CDD - 22. ed. 621.31

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA PARA
MONITORAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES

AUTOR: ALEX RENAN A. MANITO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À AVALIAÇÃO DA BANCA EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ E JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA NA ÁREA DE SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA.

APROVADA EM 11/10/2012

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. –Ing. João Tavares Pinho
(ORIENTADOR – UFPA)

Prof. Dr. Marcos André Barros Galhardo
(MEMBRO – UFPA)

Prof. Dr. Wilson Negrão Macedo
(MEMBRO – UFPA)

Prof. Dr. Alaan Ubaiara Brito
(MEMBRO – UNIFAP)

VISTO:

Prof. Dr. Marcus Vinícius Alves Nunes
(COORDENADOR DO PPGEE/ITEC/UFPA)

DEDICATÓRIA

À meus pais, companheiros fiéis, que sempre colocaram meu crescimento em primeiro lugar, abrindo mão muitas vezes de suas próprias realizações.

Aos amigos, que caminham lado a lado comigo, apoiando e compartilhando em todos os momentos de dificuldades.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente, torceram por meu sucesso, encorajando e incentivando em cada momento difícil.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelas vitórias que me permitiu alcançar.

Aos meus pais, Carlos e Maria, pelo amor e educação que me deram sem medir esforços.

Aos meus irmãos, Aline e Allan, pelo incentivo e apoio dados.

À todo o pessoal do GEDAE, sem os quais este trabalho não seria possível.

Aos meus amigos, pelos momentos compartilhados, felizes ou tristes, mostrando amizade verdadeira e sincera.

Ao meu orientador, professor Dr. -Ing João Tavares Pinho, pelo tempo dispensado e por todos os ensinamentos dentro e fora de sala de aula.

Ao Dr. Marcos Galhardo e ao Dr. Wilson Negrão pela amizade e ensinamentos em muitas atividades realizadas no GEDAE.

Ao meu amigo Thiago Paula Silva de Azevedo por todas as contribuições que deu a este trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	vi
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	1
ABSTRACT	2
INTRODUÇÃO	3

CAPÍTULO 1 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES E SISTEMAS DE MONITORAÇÃO	6
1.1 – Desempenho energético de edificações	6
1.1.1 – Perfis de consumo e economia de energia	8
1.2 – Sistemas de monitoração	11
1.2.1 – Aquisição de dados	13
1.2.2 – Validade da medição	15
1.2.3 – Armazenamento, apresentação e manipulação dos dados	17
1.2.3.1 – Apresentação e análise <i>on line</i>	18
1.2.3.2 – Apresentação e análise <i>off-line</i>	19
1.2.3.3 – Armazenamento	19
1.2.3.4 – Apresentação, publicação e manipulação dos dados pela internet	20

CAPÍTULO 2 – PROCEDIMENTOS E CONVENÇÕES ADOTADOS NA MONITORAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE DADOS	22
2.1 – Partes do sistema de monitoração	22
2.2 – Aquisição e armazenamento dos dados	24
2.2.1 – A rede industrial utilizada	24
2.2.2 – Configuração do período de aquisição	26
2.2.3 – Convenções utilizadas para monitoração do laboratório	28
2.2.4 – Nome dos arquivos	28
2.2.5 – Arquivos de medição	29

2.2.6 – Armazenamento dos arquivos	30
2.2.7 – Módulo de aquisição de dados	31
2.2.8 – Verificação da integridade dos dados	33
2.2.9 – Envio dos arquivos para um servidor na internet	35

CAPÍTULO 3 – FERRAMENTAS DE ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS

DADOS	39
3.1 – Módulos de apresentação dos dados em tempo real	40
3.1.1 – Monitoração do consumo e demanda de produção dos sistemas fotovoltaico conectado à rede	40
3.1.2 – Medição das variáveis ambientais e de conforto da edificação	43
3.2 – Configuração do programa de geração de relatório personalizado	44
3.2.1 – Configuração inicial do programa de geração de relatórios e arquivos auxiliares	45
3.2.2 – Arquivo principal de configurações	46
3.2.3 – Arquivo modelo	48
3.2.4 – Interface para geração de arquivos de configuração.....	50
3.3 – Gráficos e procedimentos adotados	51
3.3.1 – Gráficos diários	51
3.3.2 – Médias ou acumulados diários	53
3.3.3 – Perfil típico do período de medição	54
3.3.4 – Gráficos XY	55
3.3.5 – Tabelas	56
3.4 – Interface do programa de geração de relatórios personalizados	56
3.4.1 – Informações do Relatório	59
3.4.2 – Gráficos XY	60
3.5 – Interfaces para apresentação dos dados monitorados	61
3.5.1 – Programa de visualização dos dados	61
3.5.2 – Atribuição das medições para os ambientes	64
3.5.3 – <i>Download</i> das medições	65
3.5.4 – Interface padrão de leitura das medições	66
3.5.5 – Integração de interfaces para um ambiente	68

CAPÍTULO 4 – VALIDAÇÃO DO PROGRAMA E RESULTADOS DO SISTEMA DE MONITORAÇÃO DESENVOLVIDO	70
4.1 – Funcionamento do sistema de monitoração	70
4.1.1 – Monitoração das grandezas elétricas do laboratório	71
4.1.2 – Monitoração das variáveis de temperatura e umidade relativa em uma das salas	76
4.2 – Exemplos de utilização do programa	77
4.2.1 – Perfil de demanda por uso final das cargas do laboratório	78
4.2.2 – Contribuição do sistema fotovoltaico para o consumo da edificação	86
4.3 – Base de dados <i>on-line</i>	87
CONCLUSÕES	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
APÊNDICE – RELATÓRIO GERADO AUTOMATICAMENTE PELO PROGRAMA DE GERAÇÃO DE RELATÓRIOS	99

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Consumo de energia elétrica no Brasil. (Fonte: IPEADATA, 2010)	6
Figura 1.2 – Distribuição do consumo por uso final no setor comercial. (a) Setor comercial. (b) Setor público. (Fonte: ELETROBRAS, 2007)	10
Figura 1.3 – Etapas de um processo de aquisição de dados. (adaptado de Park e Mackay, 2003)	14
Figura 1.4 – Sistema de apresentação, armazenamento e análise de dados	18
Figura 2.1 – Estratégia de monitoração	23
Figura 2.2 – Esquema da rede em barramento instalada no laboratório	25
Figura 2.3 – Decaimento da velocidade de comunicação com o comprimento (adaptado de KRON MEDIDORES, 2008)	26
Figura 2.4 – Exemplo de arquivo de medição	29
Figura 2.5 – Organização dos arquivos	30
Figura 2.6 - Estrutura básica do módulo de aquisição de dados	31
Figura 2.7 – Situação exclusão de valores iguais a zero	34
Figura 2.8 – Valores contabilizados nas médias	34
Figura 2.9 – Média calculada de maneira errônea	35
Figura 2.10 – Arquivo de configuração dos diretórios na internet	36
Figura 2.11 – Procedimentos de verificação e criação de diretórios no servidor	37
Figura 2.12 – Fluxograma do programa de envio para a internet	38
Figura 3.1 – Esquema de apresentação e análise dos dados	39
Figura 3.2 – Demanda da edificação para o dia 20/04/2012	41
Figura 3.3 – Consumo acumulado da edificação para o dia 20/04/2012	42
Figura 3.4 – Interface de monitoração da produção do sistema fotovoltaico ao longo do dia	42
Figura 3.5 – Interface de monitoração das variáveis climáticas	43
Figura 3.6 – Interface de monitoração das variáveis ambientais traçados na carta psicrométrica	44
Figura 3.7 – Relatório gerado pelo programa	45
Figura 3.8 – (a) Arquivo de configuração para o programa de geração de relatórios personalizados. (b) Diretório onde estão contidas as medições. (c) Arquivos de medição	47

Figura 3.9 – (a) Arquivo de medição. (b) <i>Arquivo modelo</i> referente ao arquivo de medição	49
Figura 3.10 – Interface para criação de arquivos modelo e arquivos de configuração.....	50
Figura 3.11 – Gráfico diário no modo de leitura simples	52
Figura 3.12 – Gráfico diário no modo de leitura acumulada	52
Figura 3.13 – Procedimento adotado pelo programa para arquivos não completos ..	53
Figura 3.14 – Gráfico com médias para cada dia selecionado no relatório	53
Figura 3.15 – Gráfico de perfil típico para a demanda de climatização do laboratório para o mês de Abril de 2012	55
Figura 3.16 – Gráfico XY gerado pelo programa	55
Figura 3.17 – Interface inicial do programa de geração de relatórios personalizados	56
Figura 3.18 – Informações do relatório	59
Figura 3.19 – Geração de gráficos XY	60
Figura 3.20 – Interface inicial para visualização dos dados	62
Figura 3.21 – Fluxograma de execução do programa de apresentação de medições	64
Figura 3.22 – Arquivo de configuração de medições	65
Figura 3.23 – Arquivo de diretório remoto	66
Figura 3.24 – Interface padrão de visualização de medições	67
Figura 3.25 – Esquema básico da inclusão de novos módulos de análise	69
Figura 4.1 – Esquema simplificado do quadro do laboratório	71
Figura 4.2 – Curvas de demanda do laboratório	73
Figura 4.3 – Quadro geral de distribuição da edificação. (a) Disjuntor geral e circuitos de tomadas para demais equipamentos. (b) Circuitos de iluminação e climatização	74
Figura 4.4 – Equipamentos de medição utilizados no quadro. (a) Medidor multigrandezas com as suas ligações. (b) transformadores de corrente nos barramentos	74
Figura 4.5 – Medidores multigrandezas instalados na porta do quadro geral de distribuição da edificação.....	75
Figura 4.6 – Computador que gerencia os equipamentos da rede <i>Modbus</i>	75
Figura 4.7 – Computador que gerencia os transdutores da rede industrial (interface da carta psicrométrica)	76

Figura 4.8 – Interface de gráficos diários em funcionamento	77
Figura 4.9 – Porcentagem atribuída a cada tipo de uso final durante o período considerado	78
Figura 4.10 – Perfil típico para um dia médio do primeiro semestre de 2012	79
Figura 4.11 – Produção do sistema fotovoltaico para o período considerado	79
Figura 4.12 – Temperatura interna no ambiente de teste e temperatura externa próxima ao referido ambiente	81
Figura 4.13 – Perfis de demanda por uso final para o mês de janeiro	82
Figura 4.14 – Perfis de demanda por uso final para o mês de fevereiro	82
Figura 4.15 – Perfis de demanda por uso final para o mês de março	83
Figura 4.16 – Perfis de demanda por uso final para o mês de abril	83
Figura 4.17 – Perfis de demanda por uso final para o mês de maio	83
Figura 4.18 – Perfis de demanda por uso final para o mês de junho	84
Figura 4.19 – Indicativo das condições de conforto no ambiente de teste	85
Figura 4.20 – Dia médio de temperatura e umidade relativa para o período de 18/04/12 a 30/06/12	86
Figura 4.21 – Contribuição do sistema fotovoltaico na demanda da edificação	86
Figura 4.22 – Página de autenticação dos usuários	87
Figura 4.23 – Seleção do ambiente para visualização das medições	88
Figura 4.24 – Medições em um navegador da internet em um dos ambientes, referente a um dia de medição	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Padrão de formatação do arquivo de medição	29
Tabela 2.2 – organização do arquivo de configuração dos diretórios da internet	36
Tabela 2.3 – Formatação do arquivo de <i>log</i>	38
Tabela 3.1 – Informações contidas no <i>arquivo principal de configuração</i>	47
Tabela 3.2 – Exemplo de tabela gerada pelo programa de geração de relatórios (medições de temperatura externa para o dia 26/04/2012)	56
Tabela 3.3 – Esquema de organização das medições nos arquivos de dados	65
Tabela 3.4 – Organização das colunas no arquivo de diretórios do servidor	66
Tabela 4.1 – Produção medida dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede da edificação	80
Tabela 4.2 – Contribuição do sistema fotovoltaico conectado à rede	87

RESUMO

Este trabalho apresenta as estratégias e convenções adotadas, assim como os módulos em funcionamento, do sistema de monitoração desenvolvido e que está sendo implantado na edificação do Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE), denominada de Laboratório de Energias Renováveis e Eficiência Energética, com o objetivo de monitorar principalmente as variáveis climáticas e aquelas referentes à geração e ao consumo da edificação. Com esse sistema, objetiva-se a criação de uma base de dados unificada, sincronizada e de fácil acesso aos usuários da edificação, bem como a criação de ferramentas personalizáveis pelos usuários para a análise dos dados coletados e com possibilidade de expansão para a inserção de novas grandezas de interesse, facilitando, desta forma, estudos a respeito do desempenho da edificação quanto ao seu consumo de energia elétrica, seus sistemas de produção de eletricidade e condições de conforto ambiental no interior da edificação, além de permitir a análise das estratégias adotadas na edificação. Espera-se que os dados coletados possam também exercer a função de divulgação de estratégias de eficiência energética em edificações por meio da publicação de alguns resultados na internet em uma página dinâmica para tal fim.

PALAVRAS CHAVE: Sistema de monitoração, Eficiência energética, Edificações eficientes, Aquisição de dados, Instrumentação

ABSTRACT

This work presents the strategies and standards adopted, as well as the operating modules, of the monitoring system developed and which is currently being implemented in the building of the Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE), called the Laboratory of Renewable Energy and Energy Efficiency, aiming to monitor mainly climatic parameters and those related to the electricity generation and the consumption of the building. The system's goal is the creation of a unified and synchronized database, of easy access to the users of the building, as well as the development of customizable tools for the acquired data analysis with the possibility of being expanded to accept new variables of interest, facilitating studies concerning the performance of the building when it comes to its energy consumption, energy generation systems and environmental comfort conditions, and also enabling the evaluation of the strategies adopted in the building. It is expected that the data collected can be used as a way of disseminating strategies for energy efficiency in buildings as well, through the publishing of some of the results on the internet in a dynamic page for that purpose.

KEY WORDS: Monitoring system, Energy efficiency, Efficient buildings, Data acquisition, Instrumentation.

INTRODUÇÃO

Formas de se obter as condições adequadas de conforto, necessárias à ocupação de um ambiente, com menor utilização de energia elétrica para tal fim têm sido tema de muitas pesquisas atualmente. A eficiência energética em edificações constitui uma área bastante ampla e multidisciplinar, que afeta direta ou indiretamente muitos agentes, compreendidos desde o usuário final de um ambiente até as concessionárias geradoras e distribuidoras de energia elétrica.

Há uma tendência de que nos próximos anos a aplicação de conceitos de arquitetura bioclimática ganhe cada vez mais notoriedade junto à arquitetura e à construção civil, como forma de aproveitar as possibilidades oferecidas pelo meio no qual se insere determinado empreendimento, tornando este último menos impactante ao meio ambiente, sem, contudo, prejudicar os níveis adequados de conforto, sejam eles acústicos, higrotérmicos, visuais e de qualidade do ar, requeridos pela atividade à qual se destina o empreendimento.

Entretanto, o ganho obtido pela aplicação de técnicas e/ou melhorias aos espaços construídos quanto ao conforto ambiental varia segundo uma série de fatores, que demandam a compreensão do clima e das especificidades de certo local ou região. Assim, torna-se difícil a generalização de resultados obtidos em estudos e pesquisas em regiões diferentes a respeito da eficácia de certas técnicas.

Desta forma, a monitoração do desempenho de edificações eficientes tem por objetivo corroborar com a determinação da eficácia de diferentes técnicas de arquitetura bioclimática, principalmente aquelas relacionadas ao conforto higrotérmico e visual. A obtenção de dados durante um período longo de medição poderá ajudar a melhorar os modelos já existentes, avaliar as condições de conforto do ambiente construído, obter maior conhecimento sobre os perfis de consumo e hábitos de utilização de equipamentos, principalmente no que diz respeito a cargas voltadas para iluminação e climatização artificial e, com isso, tornar mais precisas as expectativas advindas de projetos de edificações eficientes na Região Norte do país.

Espera-se também que os dados advindos do sistema de monitoração contribuam para a divulgação de medidas e técnicas de eficiência energética aplicadas a

edificações e sistemas de geração de energia a elas integrados, por meio da publicação de trabalhos e da disponibilização de dados da monitoração na internet.

A estrutura deste trabalho apresenta-se conforme descrito a seguir.

O Capítulo 1 trata da importância da consideração e quantificação do desempenho energético de edificações. Nele são comentados alguns motivos pelos quais a eficiência energética em edificações ainda não é um fator importante para o consumidor e quais medidas vêm sendo tomadas atualmente para mudar este cenário. Nesse capítulo também são apresentados alguns aspectos a serem considerados quando da montagem de um sistema de monitoração, fatores que influenciam na qualidade da medição, formas de armazenamento das medições, manipulação e apresentação dos dados.

O Capítulo 2 descreve a estratégia básica do sistema de monitoração e seus principais componentes. O capítulo apresenta como o sistema de monitoração é dividido e a descrição de cada uma das etapas de coleta e armazenamento dos dados medidos; a rede de equipamentos, o protocolo industrial utilizado para comunicação com os equipamentos e os procedimentos adotados para sua configuração; as convenções utilizadas nos nomes dos arquivos, armazenamento, organização em diretórios e formatação dos arquivos de medição; funcionamento dos módulos de aquisição de dados, procedimentos por ele adotados para diminuir a possibilidade de erros e o período de integralização convencionado; e o funcionamento do programa de envio das medições para o servidor na internet, as ações adotadas para evitar erros durante o envio dos arquivos e as medidas para que o programa de monitoração realize automaticamente tarefas como o reenvio dos arquivos.

No Capítulo 3 são apresentadas as interfaces para interação com o usuário, os módulos para apresentação de dados em tempo real, o programa de geração de relatórios personalizados e o programa para visualização *off-line* dos dados monitorados. Nesse capítulo são descritas quais as possibilidades oferecidas por cada tipo de interface gráfica desenvolvida, tanto para análise *on-line* quanto *off-line*, e os tipos de gráficos e análises que elas são capazes de fornecer. Também são discutidos os procedimentos necessários para o funcionamento adequado das interfaces, como a criação e a formatação de arquivos de configuração. Os módulos apresentados nesse capítulo foram concebidos visando à flexibilidade e a capacidade de expansão para abrangerem novas

medições que venham a ser instaladas na edificação. Os procedimentos utilizados para permitir a referida flexibilidade também são comentados.

No capítulo 4 é apresentado o sistema de monitoração em funcionamento, descrevendo-se como é feita a medição das variáveis elétricas do quadro geral de distribuição do Laboratório de Energias Renováveis e Eficiência Energética do GEDAE e também como são feitas as medições de temperatura e umidade relativa, para avaliação do conforto em um dos ambientes selecionado para testes. A título de exemplos de utilização do sistema, são apresentados alguns gráficos de dias médios de demanda por uso final da edificação, produção dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede instalados no prédio, temperatura interna e externa do ambiente selecionado para testes. Também são apresentadas as interfaces em desenvolvimento para utilização em navegadores da internet.

Ao final deste trabalho são apresentadas as conclusões e as expectativas advindas do monitoramento da edificação. Também são apresentadas propostas para trabalhos futuros a serem implantados no sistema de monitoração ou aplicados aos dados por ele coletados.

CAPÍTULO 1

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES E SISTEMAS DE MONITORAÇÃO

1.1 – Desempenho energético de edificações

O consumo de energia elétrica no Brasil vem aumentando a cada ano, principalmente após a década de 1970, quando se intensificou a industrialização do país, como pode ser observado na figura 1.1. Além disso, fatores como a integração de um maior número de unidades consumidoras à rede, o aumento do poder aquisitivo da população e o aumento no número de equipamentos dependentes de energia elétrica contribuíram para intensificar a demanda por este tipo de energia, não somente no setor industrial, mas também nos setores residencial, comercial, de serviços e público. Isto provocou um descompasso entre a demanda e a oferta de energia no sistema elétrico brasileiro, fato evidenciado pela crise energética de 2001.

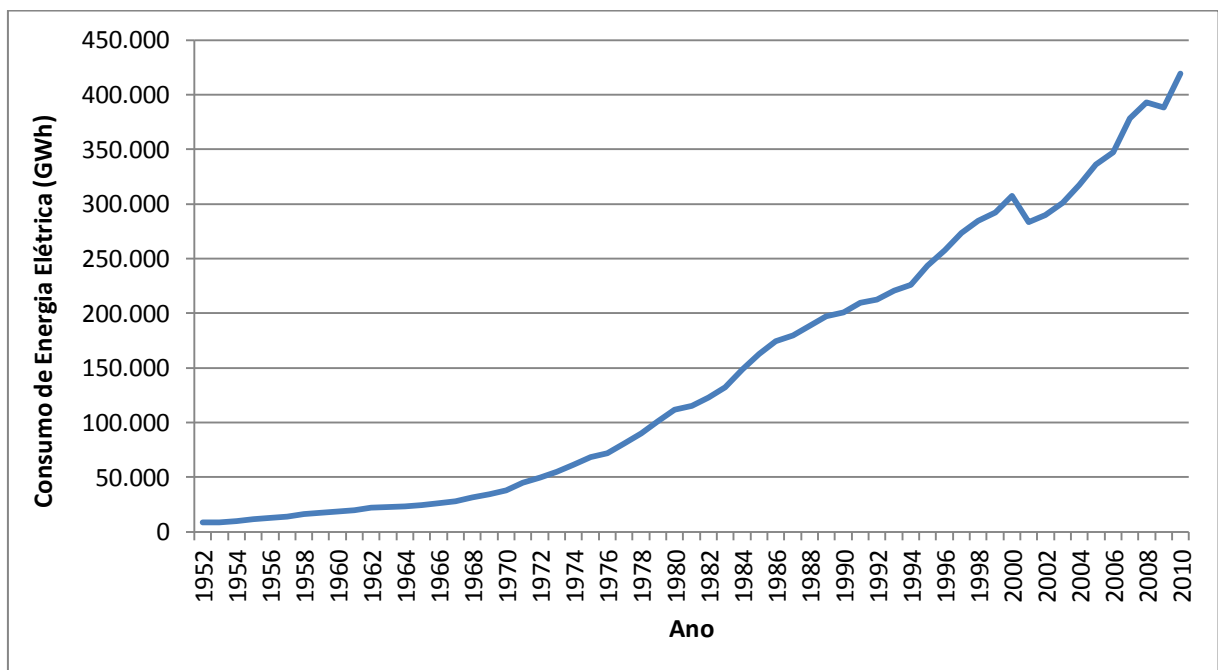


Figura 1.1 – Consumo de energia elétrica no Brasil. (Fonte: IPEADATA, 2010).

O consumo por parte das edificações vem se tornando um problema a nível mundial. Nos países desenvolvidos, principalmente, medidas vêm sendo tomadas para que seja incentivada a busca por prédios mais eficientes, como a emissão de certificação por parte de algumas instituições. Um dos certificados mais conhecidos é o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), concedido pela *US Green Building*

Concil (Estados Unidos), que atua nas áreas de eficiência energética, eficiência no consumo de água, qualidade do ambiente interno de edifícios, dentre outras (LEED, 2012).

Além do aumento da demanda por energia elétrica, a preocupação com impactos ambientais ocasionados pelos processos de geração de eletricidade também fortaleceu a busca por sistemas mais eficientes e o aumento da utilização de fontes renováveis em sistemas de geração de energia elétrica, visando à minimização desses impactos.

Diante deste cenário, formas de mitigar o consumo de energia da rede elétrica convencional vêm ganhando cada vez mais atenção. Essa diminuição pode ser alcançada valendo-se de recursos construtivos e dos recursos naturais que envolvem a edificação e/ou com o uso de sistemas de geração de energia elétrica na própria edificação, reduzindo a demanda de energia da concessionária.

Ademais, a inserção de minigeração e microgeração ao sistema de distribuição de energia elétrica ganhou um incentivo com a publicação da Resolução Normativa N° 482 da ANEEL, a qual regulamenta a emissão de créditos de energia ativa gerada por meio de sistemas de compensação de energia. A referida resolução, em complemento à seção 3.7 do Prodist (ANEEL, 2012a), onde são dispostos os requisitos técnicos e os procedimentos para solicitação de conexão, cria um regulamento específico para conexão à rede de centrais geradoras com potência instalada menor que 1 MW, facilitando a entrada de tais empreendimentos na rede (ANEEL, 2012b).

Assim, pequenos sistemas de geração conectados à rede serão compensados pelo seu excedente de produção de eletricidade, quando houver. Além disso, estas novas fontes de geração podem trazer benefícios às distribuidoras de energia elétrica, propiciando a redução do carregamento dos alimentadores em regiões com alta densidade de carga, redução de perdas e, em alguns casos, postergação de investimentos na expansão do sistema de distribuição (CASTRO, 2011).

Deste modo, muitos projetos de arquitetura e engenharia estão sendo desenvolvidos no sentido de melhorar a eficiência energética de edificações, sem, entretanto, afetar a qualidade do ambiente construído quanto ao conforto. Os ambientes devem fornecer os níveis de conforto adequados, com mínima necessidade de

equipamentos elétricos para tal fim (AGUILAR, 2004), resultando em um consumo de energia elétrica mais racional por parte da edificação.

No entanto, o projeto de edificações eficientes esbarra em um grande problema para que o seu uso se consolide em nível de mercado: a falta de dados confiáveis que comprovem seus benefícios (WARBURTON e KOSTURA, 2007). No mercado imobiliário atual, a eficiência de um local quanto ao consumo de energia elétrica não é um fator determinante no momento da compra; muitas vezes esse fator não é nem considerado, diminuindo também o interesse das construtoras na criação de prédios eficientes. Um dos principais motivos para esse desinteresse é o fato de que a energia ainda é relativamente barata, e sistemas de iluminação e climatização artificial são capazes de prover conforto aos ocupantes de um ambiente (SMITH, 2004).

Deste modo, melhorar a eficiência de edificações é dependente de uma série de fatores que vão desde o custo da energia no local em questão até a consciência de proprietários e compradores sobre as implicações ambientais do uso indiscriminado de recursos, como energia elétrica e água, e os impactos que a edificação causa ao meio ambiente (WARBURTON e KOSTURA, 2007).

A etiquetagem de edifícios comerciais, de serviços e públicos, que entrou em vigor no Brasil em 2009, deve contribuir para promover e incentivar o uso de edificações mais eficientes. Este processo de avaliação envolve três elementos: iluminação artificial, ar-condicionado e envoltória. O aspecto voluntário da medida será adotado por 5 anos, a partir do ano de 2009, e após esse prazo o selo será obrigatório. Assim, a etiqueta funcionará como uma boa forma de divulgação de determinado empreendimento, o quê, por sua vez, aumenta o interesse de construtoras em utilizarem técnicas que tornem as edificações mais eficientes.

1.1.1 – Perfis de Consumo e Economia de Energia

No Brasil, o consumo de energia elétrica por parte das edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas é bastante significativo. Calcula-se que quase 50% da energia elétrica produzida no país sejam consumidos não só na atividade principal para a qual a edificação é utilizada (ELETROBRAS, 2012), mas também nos sistemas artificiais, que proporcionam conforto ambiental para seus usuários, como iluminação, climatização e aquecimento de água.

O potencial de conservação de energia destes setores é expressivo. A economia pode chegar a 30% para edificações já existentes, se estas passarem por uma intervenção como reformas e/ou atualizações. Nas novas edificações, ao se utilizarem tecnologias energeticamente eficientes desde a concepção inicial do projeto, a economia pode superar 50% do consumo (ELETROBRAS, 2012), quando comparada com uma edificação concebida sem uso dessas tecnologias. A possibilidade de aproveitar este potencial motivou a criação, pela Eletrobras, do programa Procel Edifica, instituído em 2003, para atuar na divulgação e estímulo de medidas e conceitos que visam à eficiência energética das edificações aliada ao conforto ambiental, reduzindo custo operacionais na construção e utilização de imóveis (ELETROBRAS, 2012).

Os potenciais de economia, contudo, podem variar dependendo da região analisada. As peculiaridades do clima se refletem nos perfis de consumo de energia elétrica das cargas para o conforto térmico. Em particular na Região Norte do Brasil, o clima quente e úmido demanda a utilização de sistemas de ar condicionado durante grande parte do dia e praticamente durante o ano inteiro, para que níveis adequados de conforto térmico dentro das edificações sejam alcançados.

Constata-se, segundo dados do Procel (ELETROBRAS, 2007 a), que sistemas de climatização correspondem à maior parcela do consumo de energia no setor comercial e no setor público, como pode ser observado na figura 1.2. Assim, a utilização de estratégias para aumentar a eficiência de operação de sistemas de condicionamento de ar na Região pode representar uma economia significativa, principalmente em prédios comerciais, de serviços e públicos, onde os sistemas condicionadores de ar são utilizados durante o dia. No setor residencial, os equipamentos de ar condicionado são utilizados principalmente no período noturno.

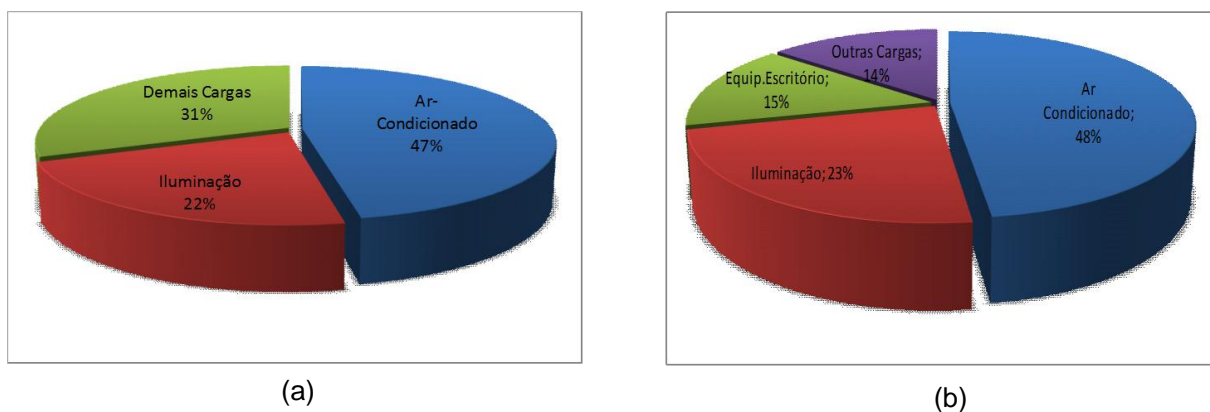


Figura 1.2 – Distribuição do consumo por uso final. (a) Setor comercial. (b) Setor público. (Fonte: ELETROBRÁS, 2007).

Segundo o relatório de Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil, “o condicionamento ambiental apresenta um grande potencial de economia por meio da redução da carga térmica e pela utilização de equipamentos mais eficientes” (ELETROBRAS, 2005). Este potencial de economia pode variar, contudo, devido à grande heterogeneidade na constituição deste setor, pois abrange uma diversa gama de tipos de consumidores como: hotéis, hospitais, shopping centers, bancos, restaurantes, entre outros, podendo estes até mesmo estar contidos em diferentes classes de fornecimento da concessionária de energia elétrica.

Todavia, é fundamental comprovar o desempenho energético dessas edificações por meio de uma avaliação contínua do ambiente construído, de forma a atestar o que foi almejado em projeto e simulações, criar uma base de dados consolidada para avaliação dos ganhos obtidos através das estratégias empregadas na edificação e apurar os retornos de capital esperados em projetos de eficiência energética, para que decisões sejam adotadas com base em fatos e não somente em estimativas. Um dos pontos críticos, no caso de projetos de eficiência energética, é a comprovação dos resultados obtidos. É neste ponto que muitos projetos são arquivados, devido à inexistência de comprovação das economias realmente alcançadas (ELETROBRAS, 2007 b).

Desse modo, torna-se importante a monitoração, a fim de se obterem dados em quantidade suficiente a respeito do desempenho do ambiente construído e, com isso, possibilitar um maior conhecimento sobre as estratégias mais adequadas à região em análise, para minimização de desperdícios, propiciando maior eficiência energética e

menor impacto da edificação no meio ambiente. Ademais, além das estratégias concebidas antes do início da construção de uma edificação, é necessário também que haja uma forma de diagnosticar possíveis problemas e até mesmo considerar a implementação de técnicas que não foram utilizadas durante o projeto. Soma-se a isso a importância de quantificar como as técnicas aplicadas influenciam no desempenho energético da edificação (GALHARDO *et al*, 2009).

1.2 – Sistemas de monitoração

Monitorar consiste em observar cuidadosamente um evento por um período de tempo, a fim de tirar conclusões a respeito dos resultados obtidos. Há muitos fatores que motivam a monitoração, como vigilância de um local, estabelecer modelos que descrevem determinados eventos, validar modelos, verificar o bom funcionamento de equipamentos e/ou sistemas, otimizar um determinado processo, dentre outros. A monitoração também permite diminuir bastante o tempo de resposta na solução de algum problema, pois, em muitos casos, mostra rapidamente onde está ocorrendo algum erro, permitindo a tomada de decisões para a solução com base nas informações apresentadas, tornando-a muito mais consistente.

A monitoração de um evento pode ser feita de várias formas, devendo-se considerar vários fatores antes de escolher a forma mais adequada, como: custo, período de monitoração, se a monitoração causará algum tipo de intromissão na atividade do local a ser monitorado, a frequência com a qual os dados precisam ser coletados, etc.

Em muitas ocasiões, métodos manuais e não contínuos para monitoramento de edificações podem se mostrar insatisfatórios. Estas técnicas são necessariamente trabalhosas e frequentemente incapazes de produzir dados prontos para análise. Além disso, muitas vezes o fenômeno em questão requer atenção por um longo período de tempo. Quando isto ocorre, não é interessante nem economicamente vantajoso manter pessoal especializado para fazer o monitoramento. Nestas ocasiões a monitoração automática e autônoma pode ser muito mais propícia ao caso em questão.

Com a evolução da capacidade de processamento dos computadores, estes são capazes de processar e armazenar uma grande quantidade de dados. Atualmente é bastante prático armazenar muitos dados e manipulá-los automaticamente, passando para o usuário os resultados prontos para análise. É possível, principalmente com o

auxílio de programas computacionais, realizar certos tipos de análises automaticamente, com o objetivo de enfatizar ou elucidar certos comportamentos do fenômeno em questão que, dentro de um grupo de dados extenso, poderia não ter sido percebido. A tendência é a de que, no futuro, os métodos de interpretação automática de dados fiquem ainda mais aperfeiçoados, devido ao avanço da inteligência artificial e a técnicas de descoberta de conhecimentos em base de dados (*data mining*). Outra vantagem da implantação deste tipo de monitoração é o fato de que ele produz um mínimo de interferência na atividade a ser realizada no ambiente monitorado, possibilitando aos ocupantes utilizar o espaço normalmente para suas atividades (MORE, 1992).

Um dos pontos negativos da implantação de um sistema de monitoramento automático e contínuo é o seu custo inicial, pois este tipo de sistema tem de ser projetado e geralmente envolve a aquisição de outros equipamentos além dos sensores e transdutores, que de fato fazem a medição do fenômeno físico. Equipamentos como placas de aquisição de dados, *software* para processamento das medições e geração de resultados, conversores e condicionadores de sinal são exemplos de equipamentos que podem estar associados a um sistema automático de monitoração. Também deve-se considerar a instalação dos equipamentos e a comunicação entre eles, o que pode ser uma tarefa bastante trabalhosa, principalmente para equipamentos de fabricantes diferentes. O sistema também deve ser testado e validado antes de produzir qualquer resultado.

Porém, uma vez instalado o sistema de monitoração, a obtenção de uma grande quantidade de dados se torna menos desgastante, muitas vezes com baixo custo de operação e produzindo resultados com confiabilidade. Então, antes que um sistema deste tipo seja implementado, é necessário que seja feita uma análise das vantagens e desvantagens, considerando os pontos a serem monitorados, a forma de coleta dos dados, e como estes serão transmitidos e tratados.

A substituição do fator humano, neste tipo de monitoração, resolve muitos problemas; entretanto, é necessário ter em mente que o sistema de monitoração é um artefato humano e, se projetado, programado e utilizado de maneira incorreta, os dados provenientes do sistema podem fornecer um indicativo falso. O projeto do sistema de monitoramento automático requer um entendimento detalhado de todo o processo de medição e o contexto no qual ele está sendo realizado. Faz-se necessário ter uma visão

sobre as opções disponíveis e os fatores que afetam o desempenho do sistema, para se ter a segurança de que o mesmo realizará suas atividades como desejado (MORE, 1992).

Projetar desde o início um sistema que possa ser ampliado e mantido facilmente é algo importante. Trabalhar em colaboração com os diferentes grupos que serão responsáveis pela manutenção, logo no início do projeto, e aprender sobre seus processos e expectativas pode ajudar a projetar um sistema que minimize etapas de manutenção (NATIONAL INSTRUMENTS, 2012).

1.2.1 – Aquisição de dados

O sistema de medição monitora o fenômeno e produz uma saída numérica única que descreve este fenômeno. Os sistemas de aquisição de dados podem ser subdivididos em várias maneiras, dependendo do grau de detalhamento que se deseja atribuir a cada etapa do processo compreendido entre aquisição do sinal de entrada, ou seja, o fenômeno desejado e o uso final do dado coletado. Neste trabalho é utilizada a divisão apresentada por Wheeler, (2010). Segundo o referido autor, o sistema de medição pode ser visto como consistindo de três passos principais: o elemento sensor, o sistema de condicionamento do sinal, e o sistema de armazenamento e/ou apresentação dos dados.

O elemento sensor possui uma característica física que se modifica devido a mudanças ocorridas na variável a ser analisada. O sistema de condicionamento de sinal é o responsável por modificar o sinal do elemento sensor para uma forma mais adequada de transmissão, garantindo a qualidade dos dados para que estes sejam adequadamente armazenados e/ou apresentados. A última etapa é o armazenamento/apresentação dos dados. Em muitos casos atualmente, o sistema final desempenha funções tanto de apresentação como de armazenamento dos dados. O armazenamento dos dados é importante, pois desta forma, podem ser realizadas, em alguns casos, manipulações que sequer haviam sido cogitadas quando da implantação do sistema de medição. A figura 1.3 apresenta um resumo das três etapas comentadas anteriormente.

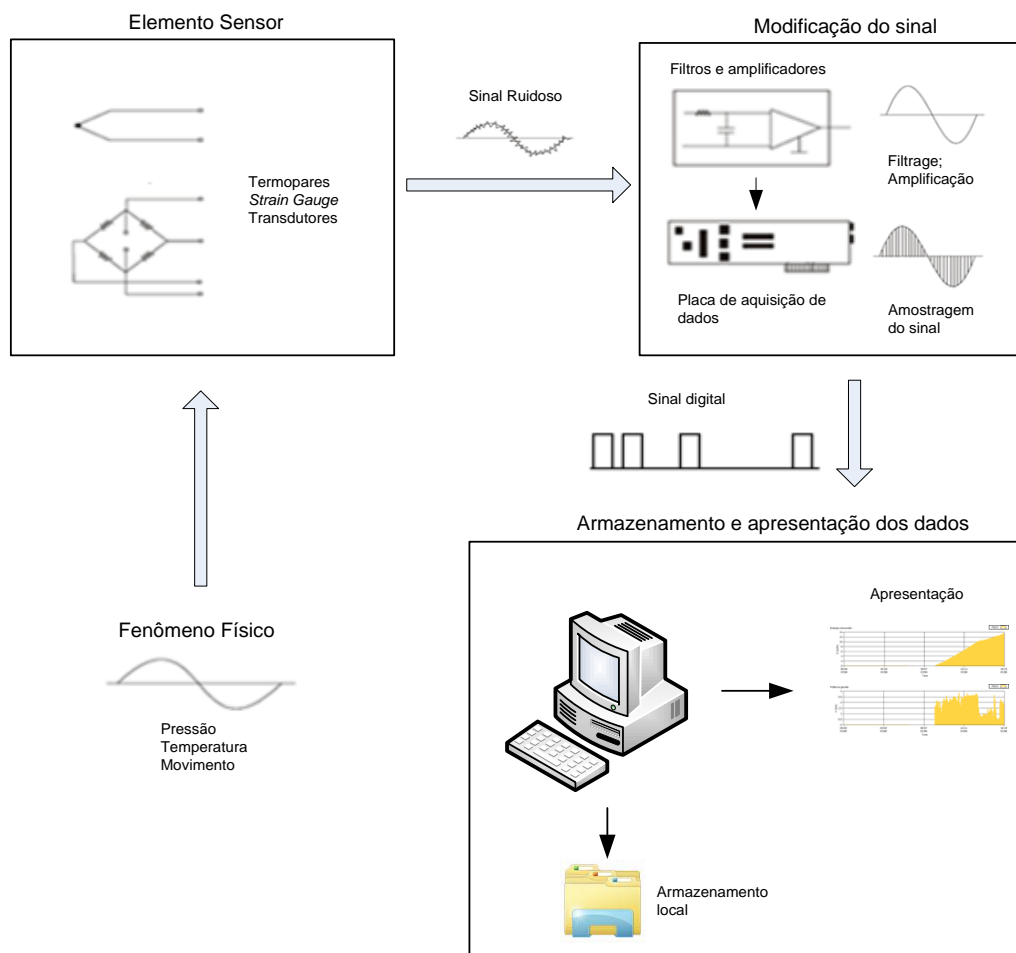


Figura 1.3 – Etapas de um processo de aquisição de dados. (adaptado de Park e Mackay, 2003).

Para que produza bons resultados, o sistema de medição deve adequar-se ao seu propósito. Um sistema de medição adequado a determinada aplicação não compreende, necessariamente, a utilização dos equipamentos mais exatos e precisos existentes no mercado, os quais, geralmente, são também os que apresentam maior custo. A adequação do sistema passa por uma série de fatores que devem ser considerados antes da compra dos equipamentos. Devem ser estabelecidos os objetivos do sistema, o grau de precisão e exatidão que a aplicação requer, o ambiente no qual o sistema será instalado, a faixa de variação esperada para a variável medida, se o mesmo necessita de tratamentos de dados *on-line* ou *off-line*, dentre outros aspectos.

Todas estas considerações influenciam na complexidade e também no custo do sistema de aquisição de dados a ser montado. Deve-se ter em mente que quanto mais complexo for o sistema de monitoração, mais propício este estará a erros e falhas. Neste caso, uma boa prática consiste em se estabelecer os limites e necessidades que o sistema

deve atender, evitando-se assim a inclusão de elementos (sejam eles equipamentos, programas de computadores, manipulações matemáticas, dentre outras) que não sejam realmente necessários à aplicação (WALKER, 2011).

Um aspecto que contribui para a manutenção da simplicidade de um sistema qualquer é a modularidade. A divisão de algo complicado em uma série de etapas simples e independentes (módulos) em muitos casos, porém não necessariamente, trazem benefícios (WALKER, 2011). Exemplos destes benefícios são a identificação de problemas, geralmente de forma mais rápida e simples; a manutenção, pois pode consistir na substituição ou parada temporária de apenas um módulo; a melhoria de algum aspecto do sistema (*upgrade*), sem, contudo, necessitar trocar o sistema por completo; e a expansão do sistema, facilitando que modificações e ampliações sejam realizadas em uma das etapas, sem afetar, ou afetando minimamente, as demais. A forma como as etapas do sistema irão ser divididas depende de cada caso e das especificidades de cada aplicação. Em geral deve-se buscar que cada etapa realize uma função bem definida e independente, requerendo apenas que os padrões estabelecidos para entradas de etapas anteriores e saídas para etapas posteriores sejam obedecidos.

1.2.2 – Validade da Medição

Todo processo de medição apresenta desvios em relação ao valor real da grandeza física, e, portanto, uma boa medição não é desprovida de erros. Entretanto, é aquela que possui um erro aceitável. Esta tolerância de desvio que o valor medido pode apresentar em relação ao real depende da especificidade da aplicação à qual os dados se destinam. A definição destas especificidades, por sua vez, depende de um conhecimento teórico do fenômeno físico a ser estudado. Em alguns casos o procedimento de medição é padronizado por alguma norma e, desta forma, os métodos e algumas características dos equipamentos que envolvem o processo de medição já se encontram especificados e devem ser atendidos para garantir sua validade.

O erro de uma medição é definido como a diferença entre o valor real e o valor medido. Normalmente não se pode saber o valor exato do fenômeno do qual se deseja realizar o processo de medição, mesmo porque, se este fosse conhecido, não haveria necessidade de medi-lo, exceto em processos de calibração. O que se pode estimar é um intervalo de incerteza da medição. Os fabricantes de equipamentos de medição, na maioria das vezes, fornecem em seus produtos informações que ajudam a

determinar a incerteza associada com o processo de medição a ser realizado. Fatores como exatidão, precisão, fundo de escala, faixa de operação ótima, resolução e características dinâmicas dos equipamentos são de grande importância para o bom dimensionamento do sistema de monitoração (WHEELER, 2010).

Exatidão é definida como o quanto o valor medido se aproxima do real, e é um termo comumente utilizado para especificar incerteza, ou seja é o grau de concordância entre um valor medido e um valor verdadeiro de um mensurando (INMETRO, 2012). A exatidão é geralmente informada pelo fabricante como parte da especificação de um equipamento. Entretanto, a exatidão de determinado equipamento também varia com a faixa na qual este irá operar. Este último aspecto deve ser considerado quando da aquisição de equipamentos para medição. Equipamentos bastante exatos, medindo fora de sua faixa ótima de operação, podem apresentar resultados completamente insatisfatórios (WHEELER, 2010).

Precisão é outro termo muito utilizado para descrever uma medição e constitui um erro aleatório. Uma medição muito precisa é aquela que apresenta o mesmo valor toda vez que é feita a mesma medição sob as mesmas condições, ainda que o valor informado não seja exato, sendo, desta forma, o grau de concordância entre indicações ou valores medidos, obtidas por medições repetidas (INMETRO, 2012). Assim, uma medição pode ser precisa sem ser exata, simplesmente esta mesma inexatidão é apresentada todas as vezes (WHEELER, 2010).

A resolução refere-se à capacidade de seguir as mudanças na variável de medição com maior ou menor exatidão. Ela é definida como a menor variação da grandeza medida que causa uma indicação perceptível na indicação correspondente (INMETRO, 2012). Os valores apresentados por elementos de medição variam em passos discretos. Desta forma, elementos com maior resolução podem representar melhor as mudanças ocorridas no fenômeno em análise e, com isso, reduzir os erros (WHEELER, 2010).

Os aspectos comentados anteriormente dizem respeito às características estáticas dos equipamentos. As características estáticas são valores obtidos quando são analisadas condições de estado estacionário, ou seja, os valores fornecidos quando o transdutor estiver estabilizado em uma entrada. Contudo, geralmente o fenômeno monitorado é variável no tempo, e o equipamento de medição não produz uma resposta

instantânea a essa variação. A dinâmica do fenômeno físico de interesse afeta também a qualidade da medição em maior ou menor grau, dependendo das características dinâmicas do equipamento utilizado.

As características dinâmicas dizem respeito ao instante em que a entrada varia e o momento que o transdutor estabiliza no valor de estado estacionário. Os parâmetros que definem as características dinâmicas são: tempo de resposta; constante de tempo, que corresponde ao tempo necessário para que a saída atinja um valor de 63,2% da saída em estado estacionário; tempo de subida, que é o tempo gasto para a saída variar de forma ascendente de um percentual de saída em estado estacionário; e tempo de acomodação, que é o tempo que a saída gasta para se ajustar dentro de alguma porcentagem, por exemplo, 2% do valor de regime estacionário (BOLTON, 2008).

Outra questão importante a ser abordada é a metodologia utilizada. A utilização de bons equipamentos não garante, necessariamente, a validade da medição, mesmo que o equipamento esteja funcionando normalmente. Em alguns casos o elemento sensor é afetado por variáveis diferentes daquela à qual se destina a medição, ou então a medição tomada por este elemento não é representativa de todo o espaço no qual é inserida. Um exemplo de erro como esse é a suposição de que a temperatura ambiente de uma sala, que possui apenas um ponto de medição, seja descrita pela medição desse ponto. Isto não é necessariamente verdade, principalmente se o ambiente for grande (WHEELER, 2010).

1.2.3 – Armazenamento, apresentação e manipulação dos dados

A última etapa do sistema de aquisição de dados é a mais abrangente. Nela está considerada a apresentação, armazenamento e manipulação dos dados coletados. A figura 1.4 apresenta uma forma de como esta etapa pode ser abordada. O elemento de coleta e apresentação de dados (representado na figura por um computador) também é um cliente de uma máquina remota que, por meio de uma conexão utilizando o protocolo FTP (*File Transfer Protocol*), publica os dados na internet. Neste modelo, a apresentação, a análise e o armazenamento podem ser realizados tanto na máquina local quanto na máquina remota.

Armazenamento, Apresentação e análise dos dados

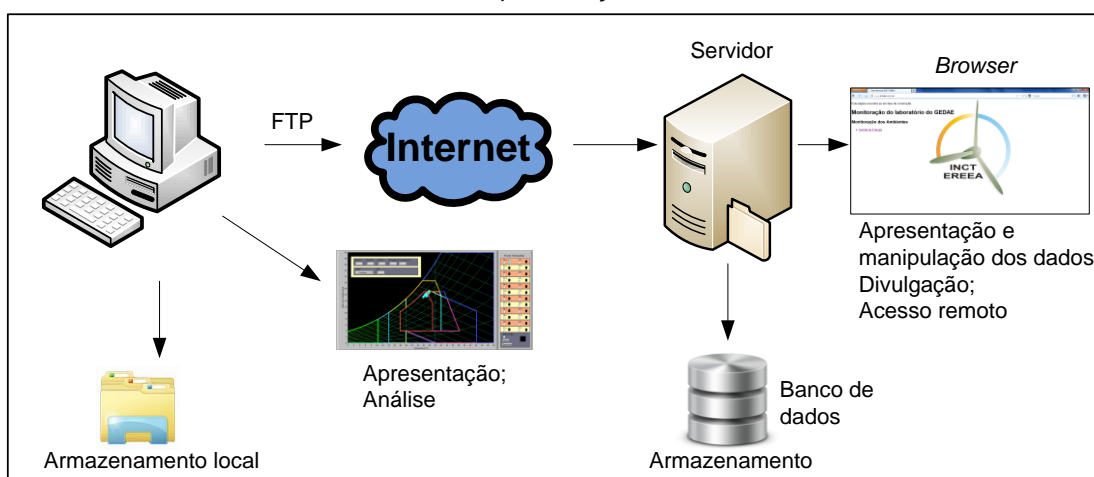


Figura 1.4 – Sistema de apresentação, armazenamento e análise de dados.

1.2.3.1 – Apresentação e análise *on-line*

O desenvolvimento de uma interface amigável e de utilização intuitiva para apresentação dos dados coletados pode auxiliar bastante os usuários de um sistema de monitoração. Uma boa interface pode fornecer indicativos de rápida visualização, possibilitando, até mesmo, fornecer um certo nível de análise em tempo real. A análise em tempo real é especialmente interessante quando serve de indicativo para que seja executada alguma atuação em um processo de monitoração e controle.

Sistemas que necessitam de atuação imediata em resposta a determinado evento podem beneficiar-se de processos de análise em tempo real e *in loco*. Nestes casos é útil possuir certo nível de decisão mais próximo do nó, ou seja, mais próximo do equipamento que coleta a medição. Estes sistemas distribuídos de monitoração e controle ajudam a aproveitar as vantagens da capacidade de processamento de todos os recursos disponíveis para usar todo o sistema com maior eficiência, o que ajuda a reduzir os requisitos de capacidade computacional dos servidores principais, além de colocar algoritmos de controle mais rápidos e mais sofisticados no nível do nó (NATIONAL INSTRUMENTS, 2012).

Contudo, deve-se ter em mente que isto insere custos e complexidade no sistema. Por isso, a necessidade de análise no nível do nó deve ser avaliada antes da implantação. Dependendo dos objetivos aos quais se propõem o sistema, um sistema de armazenamento apenas, voltado para estudos *off-line*, pode mostrar-se mais eficiente.

1.2.3.2 – Apresentação e análise *off-line*

Aplicações *off-line* tipicamente não precisam fornecer resultados em tempo real para a tomada de decisões no processo. Aplicações de análise *off-line* somente exigem a disponibilidade de recursos computacionais suficientes. Essas aplicações geralmente exigem a importação de dados de arquivos e bancos de dados. Uma vez que os dados tenham sido importados, os usuários podem executar várias rotinas de análise, manipular os dados e organizá-los em algum formato específico, para a geração de relatórios (NATIONAL INSTRUMENTS, 2012).

Interfaces para apresentação de análise *off-line* são interessantes em sistemas voltados para a análise de períodos longos. O principal propósito desse tipo de aplicação é a identificação das causas e efeitos das variáveis que afetam um processo, pela correlação de vários conjuntos de dados. Processos de monitoração deste tipo são mais utilizados para tirar conclusões a respeito de determinado fenômeno físico, ou para comprovar ou refutar algum comportamento esperado da variável sob análise.

1.2.3.3 – Armazenamento

Para que estas aplicações sejam mais eficientes, o armazenamento e a organização tornam-se de grande importância. Bons sistemas de armazenamento e apresentação facilitam o acesso e a manipulação das medições contidas em sua base de dados, quando são bem dimensionados. O armazenamento dos dados pode ser realizado em diversos tipos de mídia, como *cd*, *dvd*, discos rígidos, dentre outros, e as formas variam desde arquivos de dados a bancos de dados relacionais.

Entretanto, o armazenamento de uma grande quantidade de dados gera consigo a dificuldade de manipulação dos mesmos. De maneira a extrair informação de uma base de dados extensa, técnicas e ferramentas para análise e apresentação dos dados são necessárias. Assim, técnicas de busca de conhecimento em bases de dados vêm ganhando muita importância nos últimos tempos, como uma forma de descobrir padrões a partir de um conjunto de dados (GOLDSCHMIDT e PASSOS, 2005; HAN e PEI, 2012).

A unificação dos dados coletados em uma única base de dados utilizando um servidor remoto configura-se como uma boa opção para casos em que o sistema de monitoração é distribuído fisicamente em um espaço, com vários pontos de coleta dos

dados enviados pelos transdutores, e essas medições coletadas em diferentes pontos devem ser relacionadas. Atualmente, bancos de dados relacionais ganharam bastante importância, justamente por serem ferramentas adequadas a manipulação.

No campo da eficiência energética, a descoberta de padrões decorrentes do processo de descoberta de conhecimento em uma base de dados pode ajudar na busca por explicações e fatores que afetam os processos relacionados e também são úteis na obtenção de estimativas e previsões a respeito do comportamento de determinado projeto.

1.2.3.4 – Apresentação, publicação e manipulação dos dados pela internet

A internet é um sistema global de informações, consistindo de milhares de redes de computadores ao redor do mundo. Usuários da internet podem obter recursos em computadores remotos, pesquisar em páginas da internet, publicar informações para outros usuários, entre muitas outras aplicações possíveis. Como consequência disto, um número cada vez maior de equipamentos está dando suporte aos serviços oferecidos pela internet.

Além dos serviços oferecidos, as infraestruturas que permitem a troca de informações e o acesso à rede têm evoluído bastante. As taxas de transmissão de dados, com a popularização da banda larga, cada vez mais deixam de ser um fator limitante. Além disso, a disponibilidade do serviço de acesso à rede mundial de computadores aumentou significativamente com a evolução de tecnologias sem fio, permitindo a usuários buscar e acessar informações, principalmente nos grandes centros urbanos, com maior facilidade (KUROSE e KOSS, 2010).

A utilização da internet traz muitos benefícios, pois aumenta de maneira significativa a acessibilidade aos dados monitorados, pois estes podem ser acessados de qualquer computador com conexão à internet; aumenta a segurança no armazenamento, pois servidores são em geral mais robustos que computadores pessoais (considera-se aqui apenas a robustez da máquina, mas ressalta-se que servidores na internet podem ser vítimas de ataques de pessoas mal intencionadas); facilita a organização e a unificação dos dados em uma única base, para o caso de um sistema distribuído de monitoração; e constitui uma maneira eficiente de publicação e divulgação das informações. Além

disso, a utilização de uma infraestrutura já existente (internet) pode resultar em custos menores para transmissão dos dados coletados pelo sistema de monitoração.

CAPÍTULO 2

PROCEDIMENTOS E CONVENÇÕES ADOTADOS NA MONITORAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE DADOS

O bom funcionamento do sistema de monitoração desenvolvido para o prédio do Laboratório de Energias Renováveis e Eficiência Energética do Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE) depende de alguns aspectos como: a operação contínua do sistema de aquisição de dados, minimizando a quantidade de períodos sem medição; coleta de dados confiáveis, evitando-se erros durante a coleta e o armazenamento; e, além disso, tornar o acesso aos dados prático, facilitando a iteração do usuário com as medições. Além dos aspectos comentados anteriormente, também é importante prever a possibilidade de expansão do sistema de monitoração sem que sejam necessárias, ou com poucas, modificações nos códigos fontes dos programas criados.

O estabelecimento de procedimentos padrão e estratégias para a operação do sistema de monitoração da edificação é essencial para flexibilizar o funcionamento do mesmo. A adoção de convenções para o armazenamento das medições e modularidade na programação dos códigos entre as etapas da aquisição dos dados facilita o desenvolvimento de um sistema expansível. Neste capítulo são apresentados os procedimentos utilizados pelo sistema de monitoração para a aquisição e armazenamento dos dados coletados.

2.1 – Partes do sistema de monitoração

A estratégia básica do sistema de monitoração é apresentada no esquema da figura 2.1, e consiste em três etapas principais: a aquisição dos dados por redes industriais (redes que utilizam padrões e protocolos comumente encontrados na indústria) e o armazenamento local dos dados; o armazenamento dos dados em um servidor na internet; e a sua apresentação em interfaces desenvolvidas para acompanhamento das medições ou em relatórios personalizados pelo usuário. A separação em etapas visa à criação de um sistema de monitoração modular, onde modificações em uma das etapas não provoquem alterações nas outras duas, desde que sejam mantidos os padrões de entradas e saídas de cada estágio.

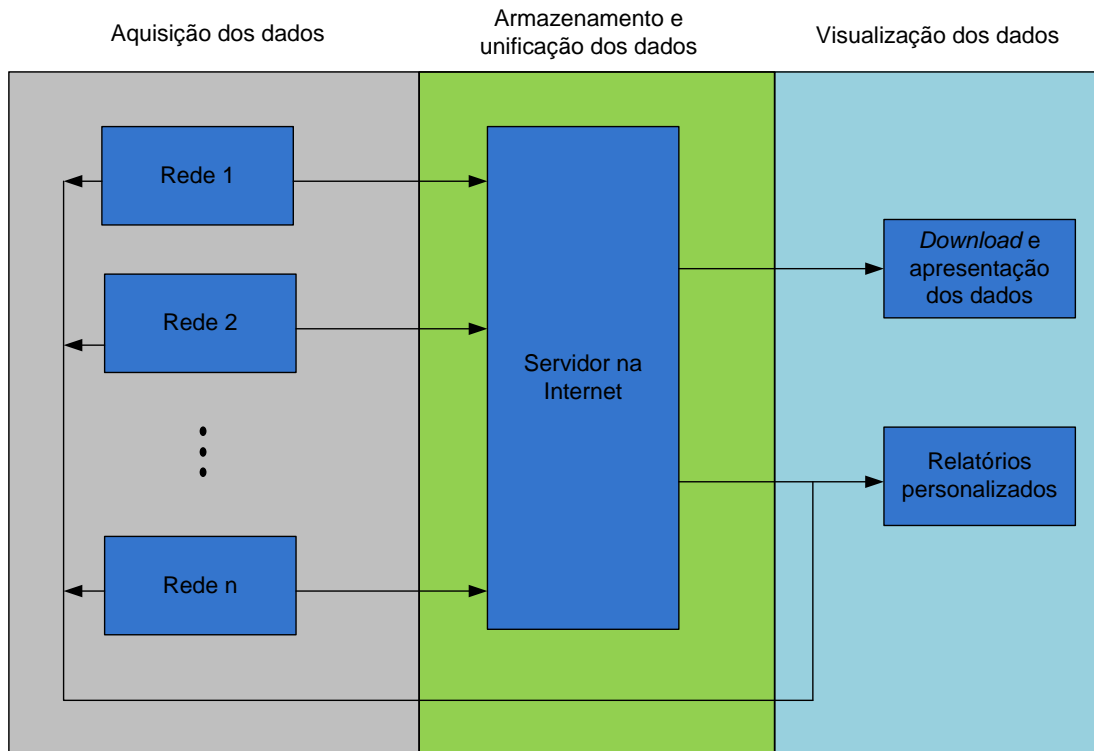


Figura 2.1 – Estratégia de monitoração.

O primeiro estágio consiste principalmente na coleta dos dados medidos pelos transdutores ligados à rede de monitoração. Para a aquisição dos dados são utilizadas redes industriais controladas por um computador. Nestas redes estão conectados os instrumentos de medição, os quais são gerenciados pelo computador. O computador também é o responsável pelo armazenamento dos dados coletados em seu disco rígido e pelo envio desses dados para um servidor na internet.

O segundo estágio consiste no armazenamento dos dados coletados em um servidor na internet. O servidor possui, atualmente, a função de unificação da base de dados, facilitando a consulta às medições monitoradas na edificação. Além disso, o armazenamento em um servidor na internet facilita o acesso a esses dados e aumenta a praticidade do sistema de monitoração, permitindo ao usuário acessar a base de dados de qualquer lugar com conexão à internet. Futuramente objetiva-se também a apresentação dos dados na forma de gráficos, por exemplo, utilizando o próprio *browser* de navegação na internet.

O terceiro estágio consiste na visualização dos dados coletados. Nele está inclusa a geração de relatórios personalizados pelo usuário com as medições, e também

foi desenvolvido um programa para fazer o download e a apresentação das variáveis monitoradas até o momento do último envio pelas redes de monitoração para o servidor. Os estágios de apresentação dos dados são apresentados no capítulo 3.

Os programas que coordenam o sistema de monitoração (coleta de dados, controle das redes, apresentação dos dados e análise dos dados) foram desenvolvidos em ambiente LabVIEW (National Instruments), devido às vantagens de criação de interfaces para aquisição, tratamento e visualização de dados, possuindo uma grande quantidade de ferramentas para tal fim.

2.2 – Aquisição e armazenamento dos dados

A aquisição e armazenamento dos dados monitorados passam por vários estágios. A seguir são comentados os procedimentos e padrões utilizados em cada um deles.

2.2.1 – A rede industrial utilizada

Para que seja efetivada a comunicação entre os diferentes equipamentos que fazem a aquisição dos dados e o computador é necessário que haja uma interface (meio físico) e, também, os dados a serem transmitidos devem estar em um formato padrão (protocolo), que o computador possa reconhecer. A utilização desses padrões de comunicação viabiliza que transdutores, sistema de condicionamento, *hardware* de aquisição e *software* de fabricantes distintos possam estabelecer comunicação.

No laboratório, a topologia física utilizada é a de barramento. Nesta topologia, todos os equipamentos são ligados diretamente em um mesmo barramento de dados, e apenas uma máquina ou instrumento pode utilizar o barramento em um dado momento. O sinal gerado propaga-se ao longo de todo o barramento. Assim, quando um equipamento estiver transmitindo um sinal, toda a rede fica ocupada e o sinal chega a todos os instrumentos; entretanto, apenas o destinatário o receberá. O destinatário é distinguido pelo endereço que ocupa na rede. Caso dois equipamentos tentem utilizar o barramento simultaneamente, ocorre uma colisão (*data crash*) e, neste caso, o dispositivo mestre que gerencia a rede tentará reiniciar a comunicação com o dispositivo escravo, para que a transmissão de dados seja realizada sem erros.

A transmissão dos dados é sequencial, na rede montada no laboratório, utilizando o padrão RS (*Recommended Standard*) 485, para especificar as características elétricas e operacionais da rede industrial, tipo *half-duplex*, ou seja, permite transmissão e recepção por todos os elementos da rede, porém em intervalos de tempo distintos, pois os elementos utilizam o mesmo canal para transmissão dos dados. A figura 2.2 apresenta um esquema das redes instaladas no Laboratório. Entretanto, como objetiva-se a unificação dos dados em um servidor remoto, outras topologias e/ou outros protocolos podem ser utilizados, desde que mantenham o mesmo padrão de formatação dos dados convencionado quando do envio para o servidor.

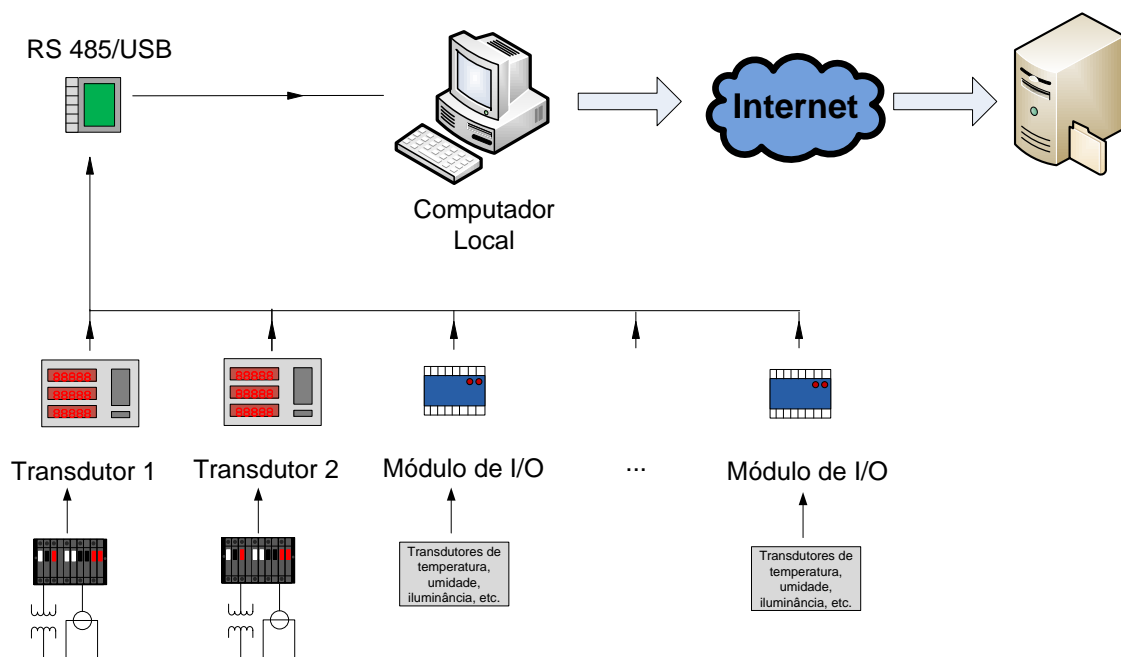


Figura 2.2 – Esquema da rede em barramento instalada no laboratório.

No esquema apresentado na figura 2.2, o computador local atua no gerenciamento da rede. Sua função consiste em ordenar qual unidade de carga utiliza o barramento em determinado momento, e também o tempo necessário para tal equipamento realizar sua comunicação.

O protocolo de comunicação utilizado pela rede industrial para formatação dos dados enviados pelos equipamentos de medição é o Modbus, devido à grande difusão que este protocolo possui, sendo utilizado em produtos de diferentes fabricantes. Desta forma, o sistema de monitoração não fica restrito a um único fabricante, podendo utilizar os equipamentos mais apropriados, aumentando sua flexibilidade. Cabe ressaltar, todavia, que a utilização de componentes de diferentes fabricantes torna a

comunicação entre os equipamentos um pouco mais difícil, pois normalmente não há *drivers* prontos que abstraíam do usuário as complexidades de estabelecimento da comunicação.

2.2.2 – Configuração do período de aquisição

Como a topologia física utilizada é o barramento, deve-se evitar que dois componentes da rede tentem utilizá-lo simultaneamente. Por esta razão, o tempo disponibilizado para cada equipamento utilizar o barramento de transmissão deve ser estimado, levando em consideração aspectos como a distância física entre a unidade de carga e o computador, o número de registros a serem lidos em cada equipamento, o tempo necessário para processamentos internos, dentre outros fatores. Algumas das informações necessárias à estimativa do intervalo de tempo adequado podem ser encontradas nos manuais dos equipamentos ou contatando os fabricantes para informações mais específicas.

A distância física limita a taxa de transmissão de dados, devido à atenuação sofrida por estes últimos durante o processo de envio. O padrão RS 485 especifica um comprimento máximo de 1.200 metros para os cabos de comunicação. A velocidade máxima de comunicação (em bits por segundo – bps) depende de características dos equipamentos instalados, da capacitância dos cabos de comunicação e dos resistores de terminação instalados. Como regra geral, quanto mais longos os cabos, menor deve ser a velocidade de comunicação. A figura 2.3 mostra a relação entre o comprimento da rede e a velocidade de comunicação (KRON MEDIDORES, 2008).

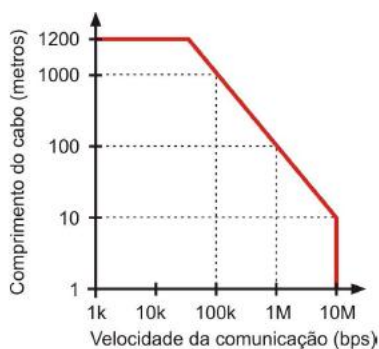


Figura 2.3 – Decaimento da velocidade de comunicação com o comprimento (adaptado de KRON MEDIDORES, 2008).

O tempo necessário para os processamentos internos dos equipamentos é também de grande importância, para se evitarem colisões de dados em redes seriais *half-duplex*. No manual do equipamento, o fabricante informa geralmente o tempo necessário para a leitura de um registro e também o tempo necessário para processamentos internos. Assim, pode-se estimar o tempo necessário para a leitura de determinado equipamento de acordo com a equação 2.1:

$$TE_i = TP_i + N_i \times TLR_i \quad 2.1$$

onde TE_i é o tempo de leitura necessário para o equipamento i , TP_i é o tempo de processamento interno do equipamento i , N_i é o número de registros lidos no equipamento i , e TLR_i é o tempo necessário para a leitura de um registro do equipamento i . Desta forma, o tempo necessário para leitura de todos os equipamentos é dado pela equação 2.2:

$$TR_{min} = \sum_{i=1}^j TE_i \quad 2.2$$

onde TR_{min} corresponde ao tempo de leitura mínimo para toda a rede. Assim, para evitar colisões no barramento, estas duas condições devem ser satisfeitas: o tempo para a leitura de todos os equipamentos da rede deve ser maior que TR_{min} e o tempo disponibilizado para a leitura de determinado equipamento deve ser maior que o seu respectivo TE_i .

Os aspectos considerados até agora para estabelecer os tempos necessários à comunicação são aqueles que consideram simplesmente a capacidade computacional dos componentes da rede. Ressalta-se, contudo, que a natureza do fenômeno físico medido e a própria característica do protocolo *Modbus* podem influenciar no tempo considerado para coleta das medições.

Algumas variáveis podem apresentar variações significativas em seu valor, mais rapidamente que outros e, conseqüentemente, precisam de um tempo menor entre leituras consecutivas da mesma grandeza, para o cálculo de médias mais exatas. Neste caso, o usuário da rede pode considerar tempos variáveis entre leituras consecutivas de determinada variável, em vez de um tempo fixo para leitura de todas as variáveis da rede. Ademais, quando uma rede possui muitos equipamentos, o tempo necessário para

leitura de todos eles pode ser muito grande para alguma das grandezas monitoradas. Assim, pode-se considerar também a leitura dos registros de determinados equipamentos mais frequentes do que de outros.

O padrão de leitura dos dados estabelecido pelo protocolo *Modbus* também é outro ponto a ser considerado. O *Modbus* estabelece que vários registros podem ser lidos com apenas uma requisição por parte do mestre da rede, neste caso o computador. Entretanto, esses vários registros são posições de memória contíguas. Podem acontecer casos nos quais é melhor realizar várias leituras nos equipamentos a realizar apenas uma leitura que contenha muitos registros que não são de interesse ao usuário do sistema de monitoração.

2.2.3 – Convenções utilizadas para monitoração do Laboratório

De modo a tornar o sistema de monitoração expansível, algumas convenções foram adotadas para o estabelecimento de um padrão de armazenamento em todas as medições existentes, e também para aquelas que possam vir a serem inseridas futuramente. Os padrões foram estabelecidos para aspectos como o nome dos arquivos de medição, a formatação desses arquivos, o período de integralização, o armazenamento local e o armazenamento remoto. Estes padrões permitem que as ferramentas destinadas a análise e apresentação dos dados funcionem adequadamente, sem a necessidade de modificação no código fonte dos programas criados.

2.2.4 – Nome dos arquivos

O nome do arquivo é parcialmente configurável, pois é composto de uma parte que pode ser configurada pelo usuário e outra contendo a data referente àqueles dados coletados e armazenados, inserida automaticamente pelo programa no início do nome arquivo e escrita na seguinte ordem: ano, mês e dia. A data do nome dos arquivos apresentada dessa forma facilita a organização em ordem cronológica no diretório dos computadores. A parte configurável do arquivo é chamada de *Nome Base* e pode ser constituída por caracteres alfanuméricos. O nome completo do arquivo de medição é, então, montado da seguinte maneira: ANO_MES_DIA_NOME BASE.txt.

Os nomes dos arquivos de medição, uma vez convencionados, não devem ser modificados, pois esses nomes são utilizados como referência pelo programa de geração

de relatórios para criação de relatórios de períodos de medição e também para a associação dos gráficos esboçados aos respectivos arquivos de medição.

2.2.5 – Arquivos de medição

Os arquivos de medição são armazenados em arquivos de texto, separados por tabulação, de maneira a não atrelar somente sua leitura e utilização ao programa de geração de relatórios desenvolvido para análise dos mesmos, podendo também ser visualizados com outros programas disponíveis. Entretanto, o programa de geração de relatórios possui uma série de recursos para a utilização mais rápida desses dados.

Os arquivos de medição possuem uma formatação padrão. Esta formatação é importante para que esses dados possam ser lidos posteriormente pelas ferramentas de análise de maneira adequada. A formatação padrão do arquivo de medição é apresentada na tabela 2.1 e um exemplo de arquivo de medição é apresentado na figura 2.5.

Tabela 2.1 – Padrão de formatação do arquivo de medição.

Nome da medição						
Número de série (NS)						
Data	Hora	Variável	Variável	Variável	...	Variável
Dia/Mês/Ano	HH:MM:SS	valor	valor	valor	...	valor
Dia/Mês/Ano	HH:MM:SS	valor	valor	valor	...	valor
Dia/Mês/Ano	HH:MM:SS	valor	valor	valor	...	valor
:	:	:	:	:	:	:
Dia/Mês/Ano	HH:MM:SS	valor	valor	valor	...	valor

Data	Hora	Tensão AN (V)	Tensão BN (V)	Tensão CN (V)	Corrente A (A)	Corrente B (A)	Corrente C (A)
10/05/2012	00:00:00	126,04	126,76	124,38	0,00	0,00	0,00
10/05/2012	00:05:00	126,12	126,84	124,38	0,00	0,00	0,00
10/05/2012	00:10:00	126,32	126,97	124,62	0,00	0,00	0,00
10/05/2012	00:15:00	126,33	126,98	124,74	0,00	0,00	0,00
10/05/2012	00:20:00	126,43	127,11	124,85	0,00	0,00	0,00
10/05/2012	00:25:00	126,59	127,21	124,89	0,00	0,00	0,00
10/05/2012	00:30:00	126,61	127,24	125,03	0,00	0,00	0,00
10/05/2012	00:35:00	126,68	127,37	125,13	0,00	0,00	0,00
10/05/2012	00:40:00	126,87	127,56	125,23	0,00	0,00	0,00
10/05/2012	00:45:00	125,90	126,60	124,32	0,00	0,00	0,00
10/05/2012	00:50:00	125,99	126,64	124,40	0,00	0,00	0,00
10/05/2012	00:55:00	126,08	126,73	124,49	0,00	0,00	0,00
10/05/2012	01:00:00	125,95	126,69	124,39	0,00	0,00	0,00
10/05/2012	01:05:00	125,90	126,56	124,41	0,00	0,00	0,00
10/05/2012	01:10:00	126,02	126,63	124,49	0,00	0,00	0,00
10/05/2012	01:15:00	126,23	126,88	124,66	0,00	0,00	0,00
10/05/2012	01:20:00	126,11	126,72	124,60	0,00	0,00	0,00
10/05/2012	01:25:00	126,21	126,87	124,76	0,00	0,00	0,00
10/05/2012	01:30:00	126,34	127,01	124,82	0,00	0,00	0,00

Figura 2.4 – Exemplo de arquivo de medição.

A formatação dos arquivos de medições sempre possuem o mesmo padrão, independentemente da natureza da grandeza escrita. As três primeiras linhas são o cabeçalho do arquivo, constituído pelo nome da medição, o número de série do equipamento de aquisição de dados e o nome das variáveis em todas as colunas contidas no arquivo.

O tempo de medição contido em um arquivo é de um dia, com dados registrados (integralizados) de cinco em cinco minutos (período convencional pelo laboratório, porém configurável). O arquivo é dividido em colunas, onde as duas primeiras são sempre a data e a hora da aquisição, respectivamente. As outras colunas são formadas pelas diversas variáveis monitoradas.

2.2.6 – Armazenamento dos arquivos

A organização dos arquivos de medição em pastas também é parcialmente configurável. O usuário pode configurar o caminho e o nome da pasta onde serão alocados os arquivos de dados. O nome desta pasta é chamado de Nome da Medição. Dentro desta pasta, o programa de aquisição de dados organiza automaticamente os arquivos de medição em pastas de ano e mês, para facilitar a procura de determinado arquivo. Nas pastas dos meses, encontram-se os arquivos diários.

Um esquema da organização dos arquivos de medição é apresentado na figura 2.5. O esquema de organização dos arquivos de medição apresentado é válido tanto para o armazenamento realizado no disco do computador que coleta os dados quanto no servidor na internet.

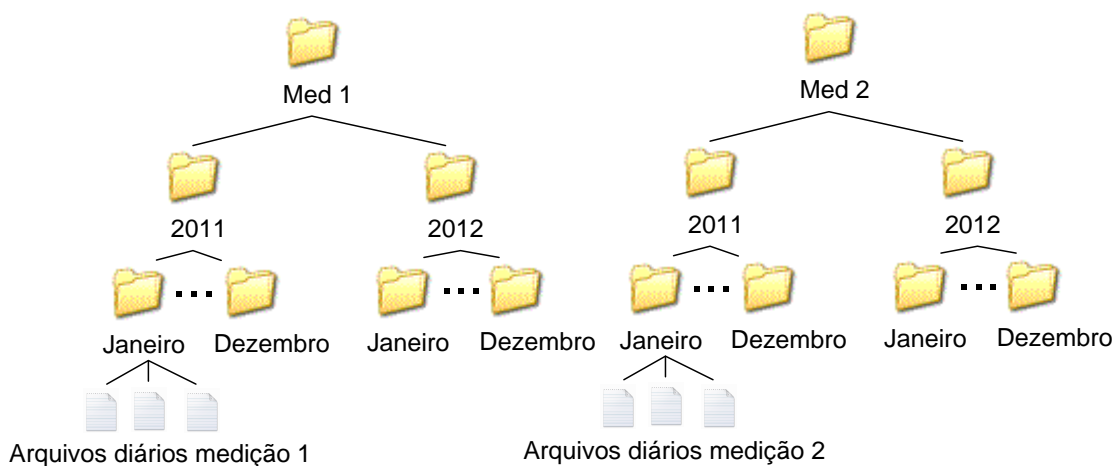


Figura 2.5 – Organização dos arquivos.

2.2.7 – O módulo de aquisição de dados

O módulo de aquisição de dados é o responsável por controlar as redes de equipamentos instaladas nas salas do Laboratório, e não possui interface visual, sendo utilizado em conjunto com um módulo de apresentação de dados. Este programa é responsável pela coleta dos dados, cálculo de médias, integralização dos dados, verificação de possíveis erros, armazenamento dos dados coletados no disco rígido do computador onde ele está sendo executado, e comunicação com o programa que realiza a transferência de arquivos e o armazenamento no servidor na internet. Um esquema simplificado das tarefas desempenhadas pelo programa de aquisição de dados é apresentado na figura 2.6

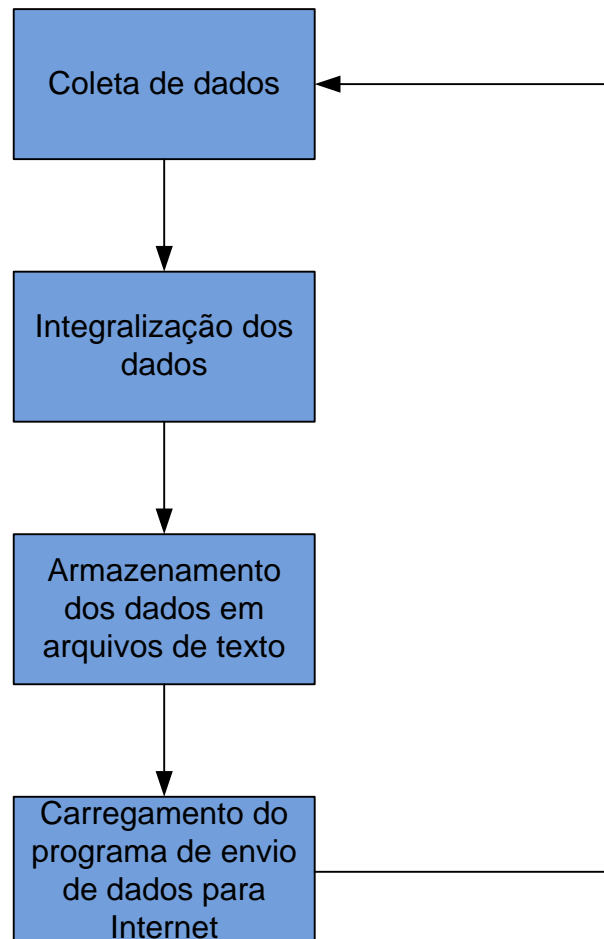


Figura 2.6 – Estrutura básica do módulo de aquisição de dados.

A primeira etapa da execução do programa consiste na aquisição de dados. O programa realiza uma varredura pelos equipamentos conectados à rede, para coleta dos valores contidos nos registradores destes últimos. Os valores coletados são armazenados na memória do computador para o cálculo de médias a cada minuto. O intervalo de

tempo necessário para que se realize uma varredura completa na rede industrial depende dos fatores comentados anteriormente. Nos sistemas instalados no laboratório utilizam-se cinco segundos para a aquisição das variáveis do quadro geral de distribuição de energia elétrica e dois segundos para aquisição dos valores de umidade relativa e temperatura de uma das salas da edificação.

O processo descrito anteriormente é realizado cinco vezes, ou seja, obtêm-se os valores médios para cada minuto e calcula-se um valor médio para determinada variável em cinco minutos. Esta média dos cinco minutos é gravada no arquivo de medições armazenado no disco rígido do computador.

Para realizar a comunicação entre os equipamentos, o usuário deve configurar os parâmetros necessários especificados pelo protocolo utilizado. Os parâmetros a serem configurados são: endereço, comando *modbus*, endereço dos registradores a serem lidos e o modo de comunicação.

Ressalta-se, contudo, que a comunicação com determinados elementos da rede algumas vezes requer procedimentos mais complexos. Por conseguinte, a estrutura básica dos programas de aquisição de dados pode sofrer algumas alterações, decorrentes da utilização de equipamentos de diferentes fabricantes.

Alguns fabricantes possuem uma maneira própria para informar os dados contidos nos registradores dos seus produtos e, em decorrência disto, a inserção de novos equipamentos de medição na rede pode necessitar de modificações no código fonte do programa de aquisição de dados, pois tais procedimentos são difíceis de serem contabilizados antecipadamente.

Após a etapa de coleta de dados, o programa passa para a fase de seu armazenamento nos arquivos de medição. Antes de registrar os valores, contudo, é realizada uma verificação de existência dos diretórios onde deve ser feito o armazenamento. Caso os diretórios existam, o programa verifica a existência do arquivo de medições referente àquele dia. Caso este também exista, o programa simplesmente insere as medições no arquivo. Caso alguma das pastas ou o arquivo de medição não existam, o programa de aquisição os criará automaticamente.

Após o armazenamento das medições, o programa principal de aquisição de dados carrega o programa auxiliar para realização do envio das medições para um

servidor remoto. O programa de envio é executado simultaneamente ao programa principal de aquisição de dados, porém possui funcionamento intermitente. Este módulo é apresentado com maiores detalhes posteriormente neste capítulo.

2.2.8 – Verificação da integridade dos dados

Como a topologia utilizada para as redes de equipamentos é o barramento, deve-se considerar a possibilidade de colisão de dados. Este fator pode corromper os valores médios integralizados pelo programa de aquisição de dados, pela inserção ou falta de valores que prejudicam os cálculos das médias.

Por padrão, o LabVIEW insere o valor zero quando ocorre uma colisão de dados no barramento e conseqüente falha de comunicação. Então, o programa, antes de calcular as médias de cada minuto, realiza uma verificação no conjunto de valores, à procura de dados suspeitos de serem provenientes de colisões no barramento, para diminuir a probabilidade de dados integralizados corrompidos.

Primeiramente é realizada uma varredura pelo conjunto de valores, à procura de dados iguais a zero. Quando um zero é encontrado, o programa verifica os três valores seguintes. Caso os seguintes sejam diferentes de zero, o programa irá descartar o valor zero encontrado, pois o considerará como proveniente de uma colisão de dados. Caso os valores seguintes sejam iguais a zero, o programa não descartará nenhum valor e todos irão compor a média aritmética do minuto. A seguir são apresentados exemplos para três situações possíveis de ocorrer. Ressalta-se que para o caso de haver mais de quatro colisões subsequentes, o programa registraria um valor igual a zero, o que, levaria a um cálculo errado da média de cinco minutos. Entretanto, foi verificado, por meio de análise nos dados, que estes pareciam ser mais consistentes após a aplicação desse método de busca por possíveis erros na rede.

No exemplo da figura 2.7, são apresentados valores hipotéticos de tensão fase-neutro. O conjunto de valores apresenta dois valores iguais a zero, não consecutivos. Neste caso, o programa iria proceder da seguinte maneira: os valores iguais a zero seriam excluídos do conjunto de valores como mostrado na figura 2.7.

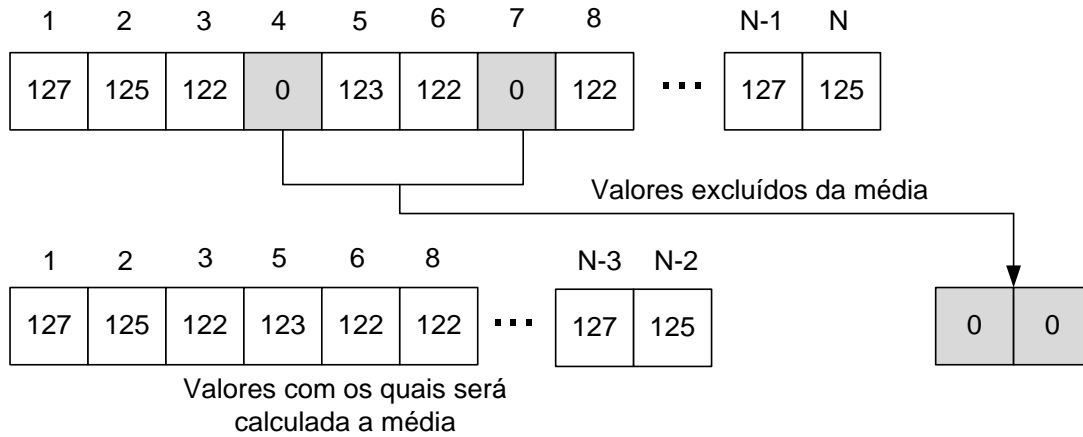


Figura 2.7 – Situação exclusão de valores iguais a zero.

No exemplo da figura 2.8 é apresentada a situação onde quatro valores consecutivos iguais a zero são apresentados. Neste caso, o programa entenderia que os valores iguais a zero são provenientes das medições e por isso, não há valores excluídos, e todos os valores são contabilizados nas médias.



Figura 2.8 – Valores contabilizados nas médias.

Ressalta-se que estes procedimentos podem prejudicar as medições de certo modo, ao excluírem dados iguais a zero que deveriam compor as médias para integralização. A figura 2.9 ilustra uma situação teoricamente possível de ocorrer. Nesta situação, a maior parte dos valores não seria contabilizada nas médias e a medição seria registrada de maneira incorreta. Entretanto, a exclusão de dados suspeitos de serem provenientes de colisões mostrou um aumento na qualidade da medição.

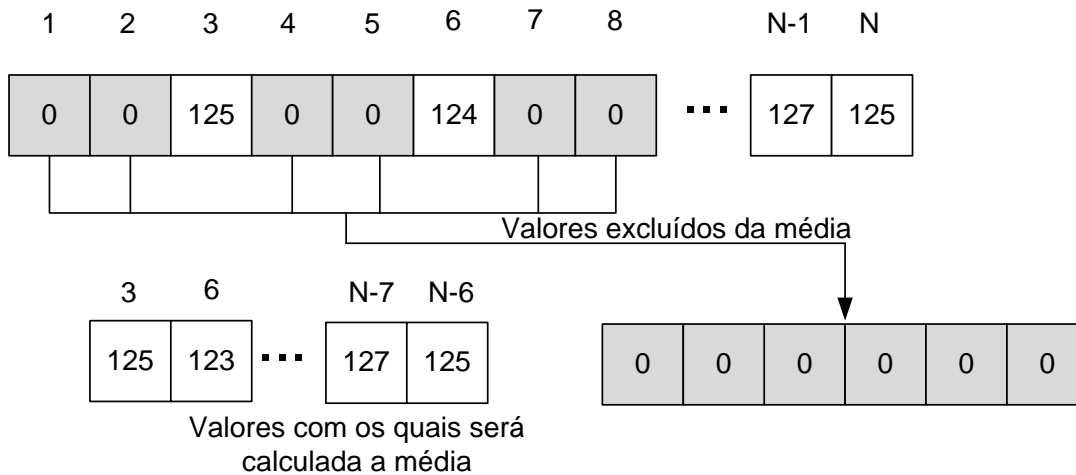


Figura 2.9 – Média calculada de maneira errônea.

Como as situações do tipo mostrado na figura 2.9, embora possíveis, são difíceis de ocorrer, na prática a eliminação de eventuais dados iguais a zero nas medições não mostrou prejudicar as medições.

2.2.9 – Envio dos arquivos para um servidor na internet

Em consequência da possibilidade de utilização de várias redes para monitoração da edificação, faz-se necessária uma maneira de centralizar os dados coletados. Esta centralização deve ser realizada levando-se em consideração a acessibilidade aos dados. O uso do sistema de monitoração torna-se mais prático se o acesso às medições for simples.

Uma maneira eficaz para realizar tal tarefa é a utilização da infraestrutura já disponibilizada pela internet, pois consiste em uma rede que o usuário pode acessar de qualquer lugar. Assim, os dados coletados pelo sistema de monitoração são enviados para um servidor na internet, e podem, posteriormente, ser baixados e analisados pelos usuários do sistema de monitoração do laboratório.

Para isto foi criado um programa para envio dos dados para um servidor FTP (*file transfer protocol*) na internet. Esse programa é inicializado pelo programa de aquisição de dados, para que sejam realizados os procedimentos de autenticação (*login*) e armazenamento dos dados no servidor. O programa de envio é responsável também pela criação de diretórios remotos, para melhor organizar os arquivos, e adoção de procedimentos para o caso de problemas ocorridos durante o envio.

O funcionamento normal do programa é apresentado a seguir. O programa de aquisição de dados primeiramente verifica a existência de um arquivo de configurações para os diretórios remotos. Este arquivo é responsável por informar ao programa de envio para quais diretórios remotos os arquivos de medição devem ser enviados. O arquivo de configuração evita verificações desnecessárias no servidor, com relação à existência dos diretórios de armazenamento. Este arquivo não é imprescindível à realização do envio para o servidor. Entretanto, acelera esse envio, pois impede o programa de envio de fazer verificações desnecessárias.

O arquivo de configuração dos diretórios na internet é apresentado na figura 2.10. Este consiste em um arquivo de texto separado por tabulação, organizado de acordo com a forma apresentada na tabela 2.2. A primeira coluna corresponde ao nome da medição no servidor remoto. A segunda corresponde ao ano, e a terceira corresponde ao mês respectivo a determinado arquivo de medição. Quando há mudança no mês ou no ano, o arquivo de medição é automaticamente atualizado.

Tabela 2.2 – Organização do arquivo de configuração dos diretórios da internet.

Nome da medição 1 na internet	Ano	Mês
Nome da medição 2 na internet	Ano	Mês
:	:	:
Nome da medição N na internet	Ano	Mês

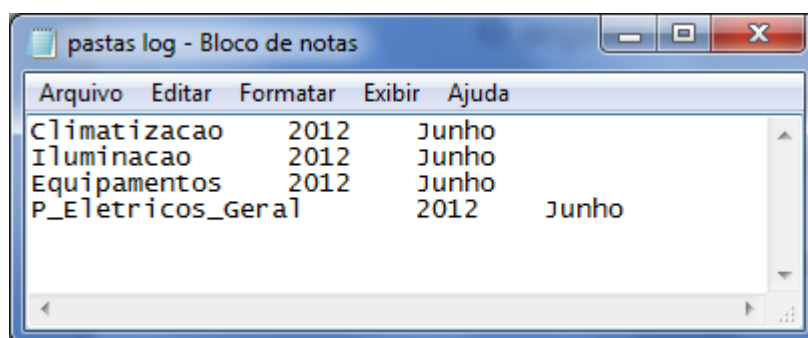


Figura 2.10 – Arquivo de configuração dos diretórios na internet.

Após a leitura do arquivo de configurações para os diretórios remotos, o programa tenta realizar o envio dos arquivos para os diretórios indicados. Caso estes existam, os arquivos de medição serão enviados e armazenados no servidor normalmente. Caso não existam, os diretórios necessários ao armazenamento serão criados para que os arquivos sejam devidamente armazenados. A figura 2.11 ilustra o

procedimento utilizado pelo programa, quando ocorrem erros em decorrência da ausência de diretórios de ano e mês, para que a medição possa ser armazenada corretamente.

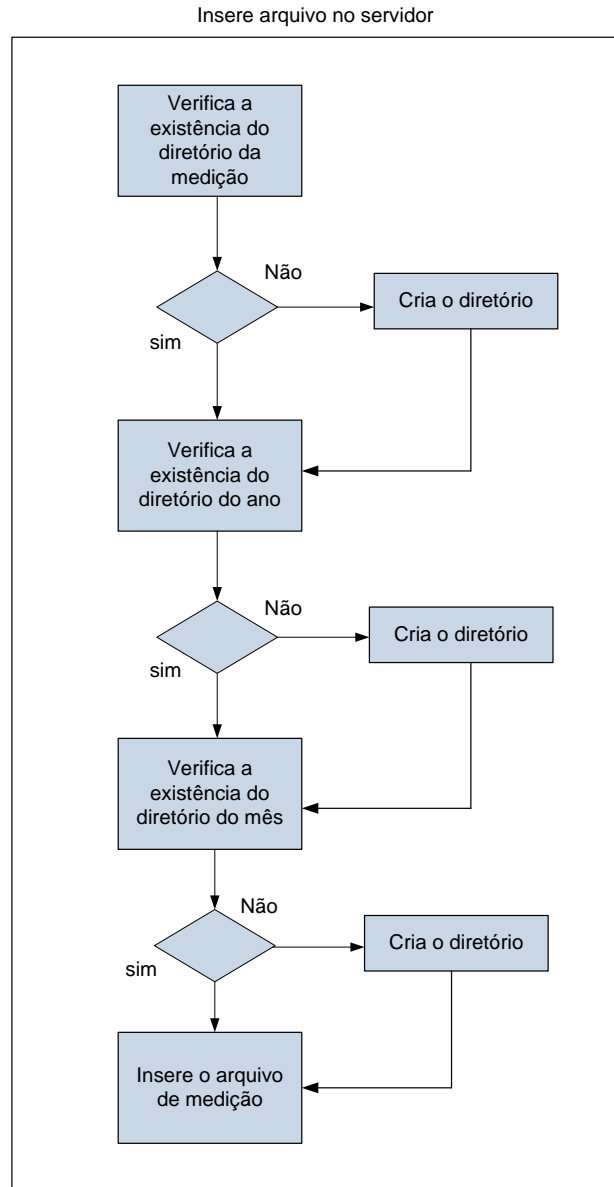


Figura 2.11 – Procedimentos de verificação e criação de diretórios no servidor.

Após o armazenamento, o programa procura pelo arquivo de *log*. O arquivo de *log* é criado quando o programa de envio para a internet não consegue por algum motivo enviar os dados referentes às medições para o servidor. O referido arquivo é um documento de texto separado por tabulação gerado pelo programa de envio desenvolvido para autenticação e inserção de arquivos no servidor remoto, e contém o caminho para a pasta onde os arquivos, que por algum motivo não foram enviados para o servidor, devem ser alocados; o caminho no computador local, de onde os arquivos

devem ser extraídos; a data referente ao arquivo e o momento no qual o erro ocorreu. A tabela 2.3 apresenta a formatação do arquivo de *log*. Cada linha no arquivo de *log* corresponde a um arquivo de medição diferente. Quando o envio de um arquivo para o servidor não é bem sucedido, o programa de envio cria ou atualiza o arquivo de *log*. Isto é feito para que o programa tente enviar novamente o referido arquivo para o servidor em outro momento. Quando todos os arquivos registrados nos arquivos de *log* são enviados com sucesso para o servidor, os arquivos de *log* são apagados.

Tabela 2.3 – Formatação do arquivo de *log*.

Endereço do arquivo no servidor	Endereço local do arquivo	data	Momento do envio
Endereço do arquivo no servidor	Endereço local do arquivo	data	Momento do envio
:	:	:	:
Endereço do arquivo no servidor	Endereço local do arquivo	data	Momento do envio

Após os passos descritos anteriormente, o programa de envio finaliza sua própria execução. O fluxograma do funcionamento do módulo de envio para a internet é apresentado na figura 2.12.

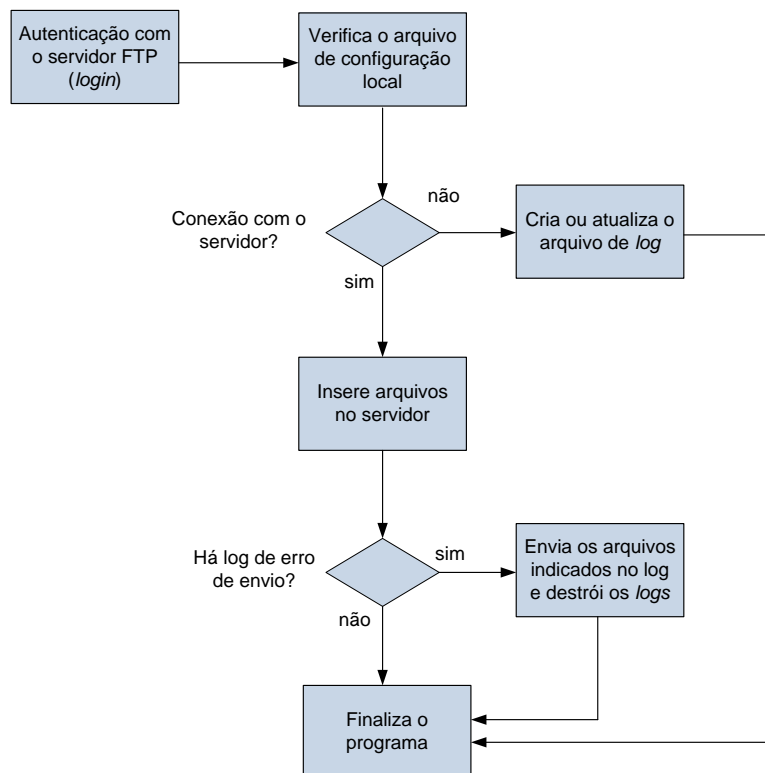


Figura 2.12 – Fluxograma do programa de envio para a internet.

CAPÍTULO 3

FERRAMENTAS DE ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS DADOS

O gerenciamento dos dados é um fator a ser considerado no projeto do sistema de monitoração, pois, à medida que a base de dados aumenta, também se eleva a complexidade de tratamento dos valores contidos nessa base. A grande quantidade de medições armazenadas necessita de formas para apresentação e análise eficientes. Assim, o sistema de monitoração do laboratório também considera a utilização de ferramentas para esta finalidade, facilitando e agilizando a utilização, dos valores armazenados.

A análise dos dados encontra-se dividida em três partes distintas. A análise dos dados em tempo real, onde os módulos destinam-se a apresentar as medições coletadas por uma determinada rede industrial em tempo real na edificação do laboratório; a geração de relatórios, destinada principalmente a apresentação e análise de um determinado período de medições; e a apresentação dos dados armazenados em um servidor na internet, destinada à apresentação de uma situação geral dos medidores do laboratório para um dado dia, permitindo que as medições sejam baixadas da internet, o que facilita o acesso aos dados. A figura 3.1 apresenta o esquema das etapas de armazenamento e apresentação dos dados. O funcionamento e as possibilidades oferecidas por cada um desses módulos são comentados posteriormente.

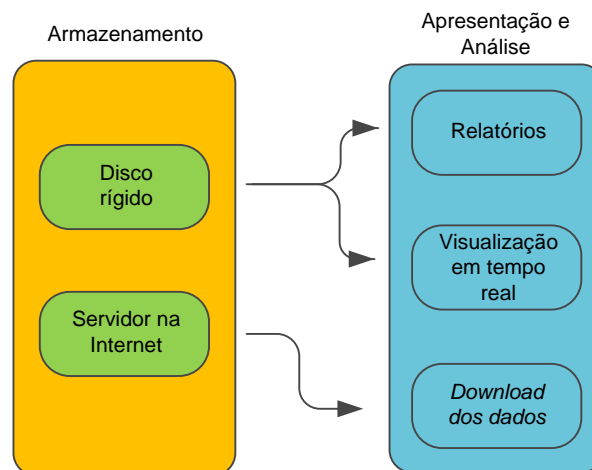


Figura 3.1 – Esquema de apresentação e análise dos dados.

Os módulos de análise apresentados a seguir são aqueles que se encontram em funcionamento no Laboratório. Entretanto, a estratégia de monitoração foi

concebida de modo a ser modular. Assim, novos módulos de análise podem ser integrados ao sistema sem grandes mudanças em seu código fonte, aumentando a flexibilidade do sistema de monitoração, tanto para a inserção de novas variáveis monitoradas, quanto para o acesso às novas medições.

3.1 – Módulos de apresentação dos dados em tempo real

Os módulos para apresentação de dados em tempo real são os responsáveis por mostrar as variáveis coletadas por meio de gráficos e indicadores para o usuário. Estes módulos são variáveis, dependendo das variáveis monitoradas, e operam em conjunto com o programa de aquisição de dados. Além disso, são utilizados também para que seja possível verificar o funcionamento adequado da monitoração, pois neles são apresentadas as medições instantâneas que compõem os valores integralizados.

Os módulos desenvolvidos visam principalmente à apresentação das variáveis de demanda e consumo de energia, e variáveis climáticas da edificação. No entanto, uma das características do sistema de monitoração é a possibilidade de sua expansão para outras variáveis de interesse para o laboratório, inserindo novos módulos de aquisição e apresentação de dados do programa.

Os módulos estão sendo gradualmente implementados, conforme a disponibilidade de recursos para a aquisição de equipamentos de medição, permitindo que novos transdutores sejam inseridos no sistema de monitoração com poucos ajustes na estrutura já existente.

3.1.1 – Monitoração do consumo e demanda da edificação e produção do sistema fotovoltaico conectado à rede.

Os módulos para monitoração do consumo e da demanda da edificação têm o propósito de coletar os dados referentes às variáveis elétricas dos quadros de distribuição do laboratório. Atualmente este módulo encontra-se em funcionamento para as variáveis elétricas coletadas por medidores multigrandezas instalados no quadro geral da edificação.

No laboratório do GEDAE, os circuitos que alimentam as cargas da edificação são divididos pelo seu tipo de utilização final em: iluminação, climatização e tomadas para demais equipamentos. Esta característica da divisão dos circuitos no

quadro geral permite a distribuição dos medidores multigrandezas de modo a coletar as variáveis elétricas do prédio de maneira independente para cada tipo de utilização final das cargas. Há também um medidor multigrandeza após o disjuntor de entrada do quadro de distribuição geral, que monitora as grandezas elétricas da edificação como um todo. Assim, comparações a respeito da contribuição na demanda e no consumo de cada um dos tipos de circuitos da edificação podem ser estabelecidas.

A figura 3.2 apresenta a interface onde é continuamente esboçada a demanda da edificação, para cada tipo de uso final, ao longo de um dia. A figura 3.3 apresenta a interface onde é mostrado o consumo acumulado de energia elétrica da edificação ao longo do dia, para cada tipo de utilização final.

Além da potência ativa e do consumo de energia elétrica por uso final, outras variáveis também são monitorados, como tensão fase-neutro e entre fases, corrente de linha, frequência, fator de potência, energia reativa, potência reativa e variáveis relacionadas à qualidade de energia, como distorção harmônica total de tensão e de corrente para cada um dos tipos de circuitos do Laboratório.

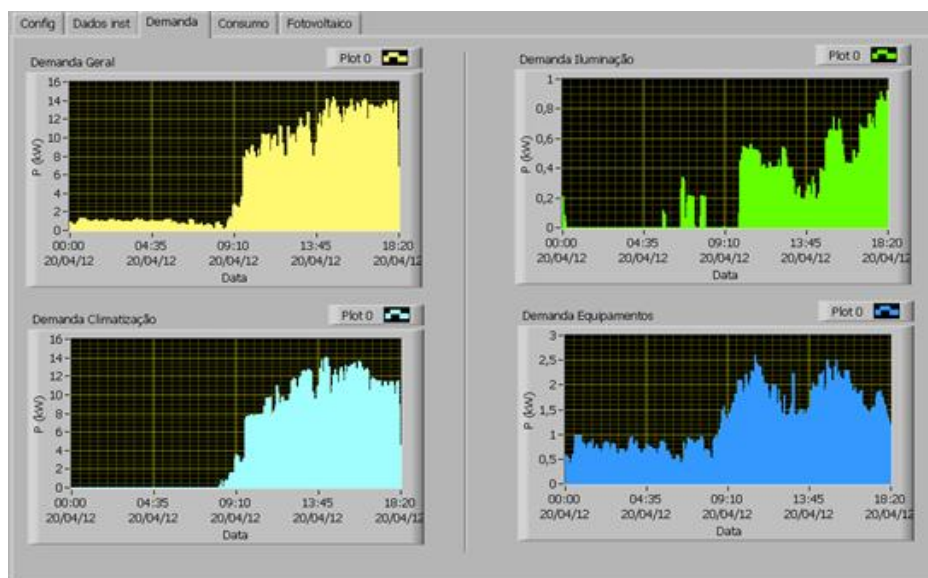


Figura 3.2 – Demanda da edificação para o dia 20/04/2012.

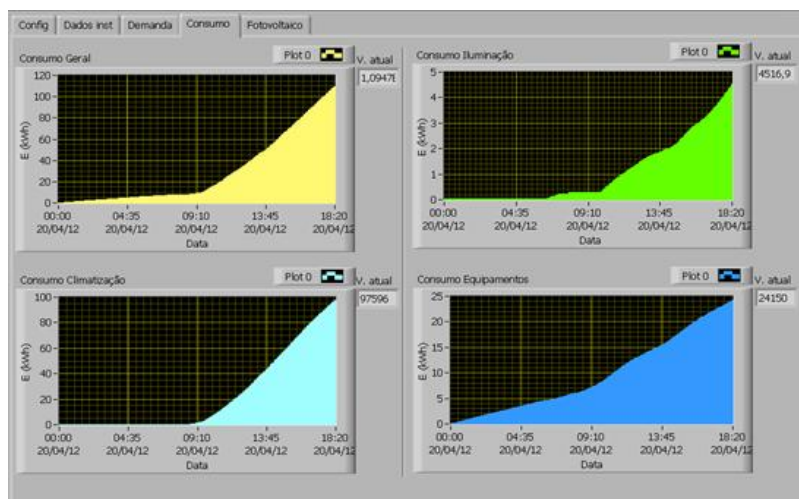


Figura 3.3 – Consumo acumulado da edificação para o dia 20/04/2012.

O sistema de monitoração também apresenta a produção total de energia dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede instalados no laboratório e a parcela desta energia que é injetada no laboratório e na rede elétrica. A energia injetada no laboratório é calculada a partir da diferença entre a medição da demanda geral e a soma das demandas por utilização final. A energia injetada na rede elétrica é coletada a partir da medição de energia ativa negativa feita pelo transdutor de energia utilizado para monitoração do consumo geral da edificação. A figura 3.4 apresenta a interface de monitoração do sistema fotovoltaico com os dados medidos para o dia 20/04/2012. Nela, o gráfico superior representa a potência fornecida pelo sistema fotovoltaico conectado à rede ao longo do dia e o gráfico inferior representa a energia que foi injetada na edificação durante o dia.

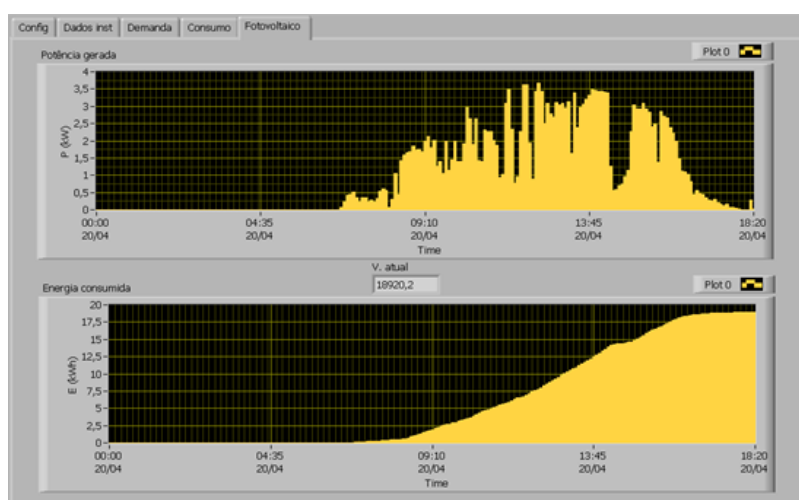


Figura 3.4 – Interface de monitoração da produção do sistema fotovoltaico ao longo do dia.

3.1.2 – Medição das variáveis ambientais e de conforto da edificação

Como dito anteriormente, além da monitoração de grandezas elétricas, também foram desenvolvidos módulos para análise das variáveis climáticas da edificação. Esses módulos são utilizados para fornecer ao usuário uma análise do comportamento de variáveis em ambientes internos e externos da edificação, tais como temperatura, umidade, iluminância, irradiância, etc. A figura 3.5 mostra a interface com os gráficos de temperatura para três pontos de medição diferentes no laboratório (temperatura interna de uma das salas, ponto de medição no corredor interno do laboratório, próximo à referida sala, e um ponto de medição na área externa do laboratório). A interface também apresenta os indicadores numéricos com as medições instantâneas e a zona de conforto higrotérmico estimada a partir dos valores medidos.

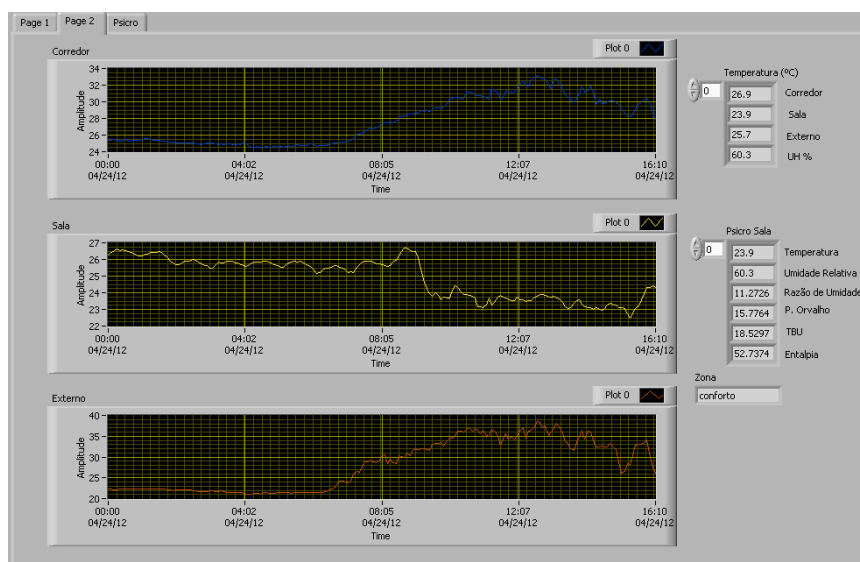


Figura 3.5 – Interface de monitoração das variáveis climáticas.

Este módulo também possui outra interface, que permite avaliar como se comportam as propriedades psicrométricas nos ambientes da edificação. A interface consiste em um gráfico contendo a carta psicrométrica (GIVONI, 1992) e vários indicadores numéricos.

A partir dos dados de entrada de temperatura e umidade relativa, o programa retorna ao usuário outras variáveis psicrométricas, segundo as equações propostas em (ASHRAE, 1993), sendo estas: temperatura de bulbo úmido, razão de umidade, entalpia específica, ponto de orvalho e, além disso, também indica qual zona ou estratégia deve ser utilizada para que se chegue ao conforto no ambiente determinado.

As médias de cinco minutos das medições são continuamente traçadas na carta psicrométrica ao longo do dia, fornecendo um indicativo a respeito da atual condição de conforto do ambiente (ponto indicado pelo cursor branco), e também como as variáveis climáticas se comportaram ao longo do dia. A figura 3.6 apresenta os pontos referentes às medições do dia 24/04/2012, traçados na carta psicrométrica até o horário de 16h10.

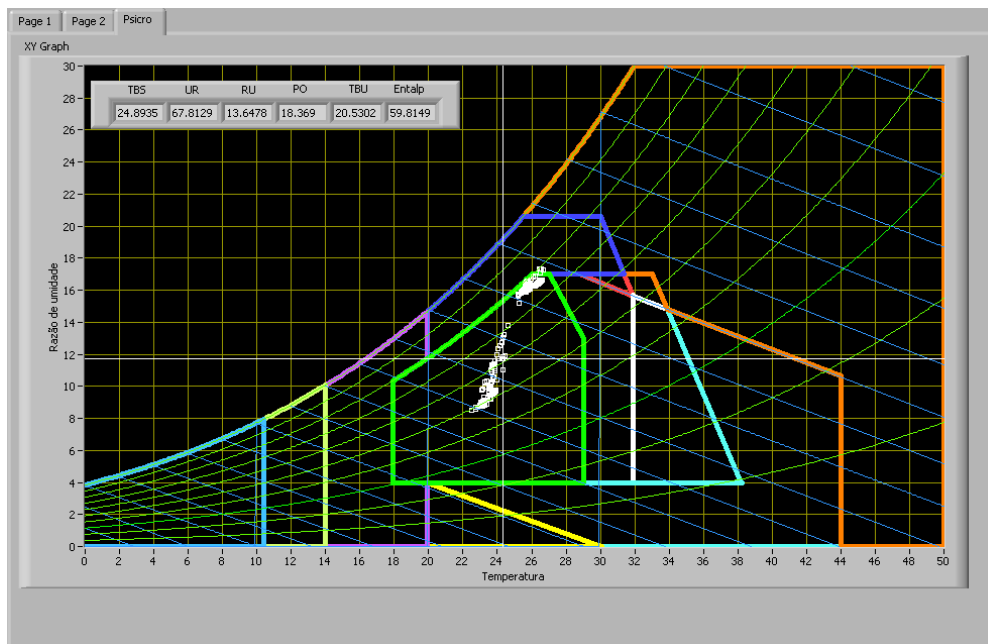


Figura 3.6 – Interface de monitoração das variáveis ambientais traçadas na carta psicrométrica.

3.2 – Configuração do programa de geração de relatório personalizado

Devido à grande quantidade de dados coletados em diferentes pontos pelas estratégias de monitoração a serem implementadas, faz-se necessária a criação de uma ferramenta para rápida visualização e geração de relatórios a partir da leitura dos dados armazenados em um período escolhido pelo usuário, ou dos arquivos e variáveis selecionados manualmente pelo mesmo. Com este intuito, foi criado um programa de geração de relatórios personalizados.

O programa gera relatórios em formato .docx (para Microsoft Word) personalizados pelo usuário. Nele o usuário pode escolher que variáveis deseja no relatório, o período de medição a ser abrangido, ou escolher individualmente que arquivos de dados devem constar no relatório.

Após a fase de configuração, o programa gera gráficos formatados com legenda e numerados para os dados contidos nos arquivos de medição. O programa permite a possibilidade de vários tipos de gráficos, como gráficos XY, que relacionam duas variáveis diferentes, geração de dia típico para um dado período de medição selecionado pelo usuário, dentre outros.

Antes de criar o relatório, contudo, o programa realiza verificações para garantir que os dados são relacionados e desenhados corretamente nos gráficos, mesmo que existam intervalos sem medição na base de dados; por exemplo, para a criação de gráficos XY, realiza-se a verificação dos instantes de registros das medições, para evitar o relacionamento de intervalos que não possuam instante de armazenamento coincidente. A figura 3.7 apresenta um exemplo de relatório gerado com o programa de geração de relatórios, para ser visualizado no programa Microsoft Word.

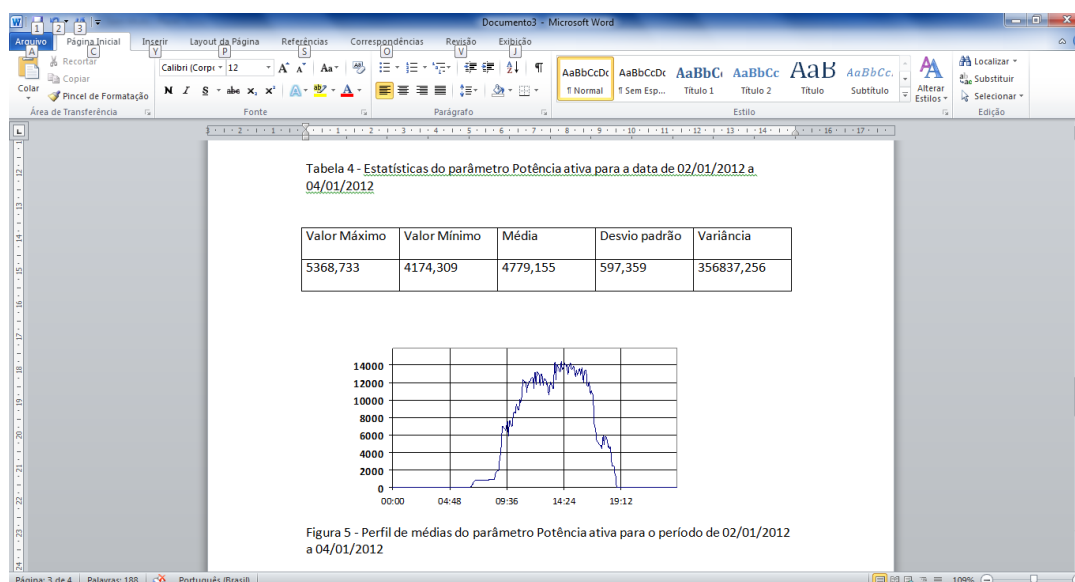


Figura 3.7 – Relatório gerado pelo programa.

3.2.1 – Configuração inicial do programa de geração de relatórios e arquivos auxiliares

Antes de poder gerar relatórios personalizados, o usuário deve preparar uma série de configurações para que o programa possa criar os relatórios adequadamente. Estas configurações servem para, por exemplo, especificar onde o programa deve procurar os arquivos de medição, como o programa deve tratar as medições, que gráficos devem ser criados para cada medição, dentre outras.

Desta forma, antes da utilização do programa, o usuário deve criar e/ou indicar alguns arquivos de texto, que guiarão o programa durante sua execução. Esses arquivos são o arquivo modelo para cada uma das medições e o arquivo principal de configuração. Estes arquivos podem ser armazenados em qualquer lugar do disco rígidos, devendo ser indicada sua localização quando da utilização do programa de geração de relatórios personalizados.

A opção pela criação de arquivos de texto para configuração, em vez da utilização da própria interface do programa para esta tarefa, tem por objetivo deixar o código mais flexível à entrada de novas variáveis de medição nos arquivos já existentes, e também permite que novos arquivos possam ser utilizados como entrada do programa, desde que mantenham a formatação padrão convencional para o arquivo de medições.

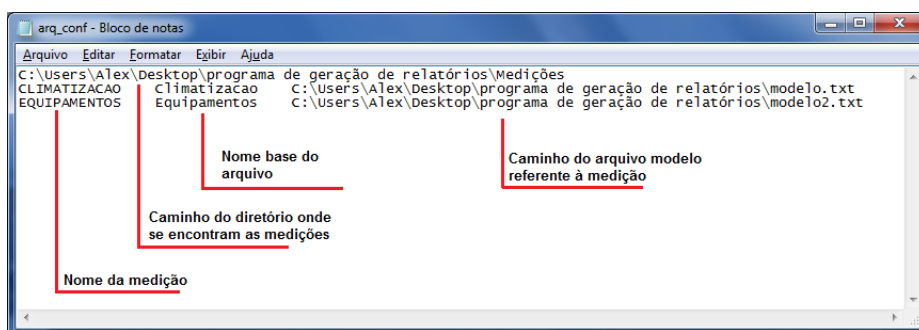
Também se ressalta que, devido ao grande número de variáveis que podem ser configuradas, a utilização do programa poderia tornar-se enfadonha caso o usuário devesse configurar o programa sempre que fosse utilizá-lo. Porém, com o arquivo de texto, a configuração personalizada de um usuário do programa fica armazenada no disco rígido e precisa ser feita apenas uma vez. Além disso, um usuário pode possuir quantas configurações personalizadas quiser, bastando para isso criar outros arquivos de configuração. A seguir são comentados os procedimentos e formatações necessárias para criação dos arquivos de configurações.

3.2.2 – Arquivo Principal de Configurações

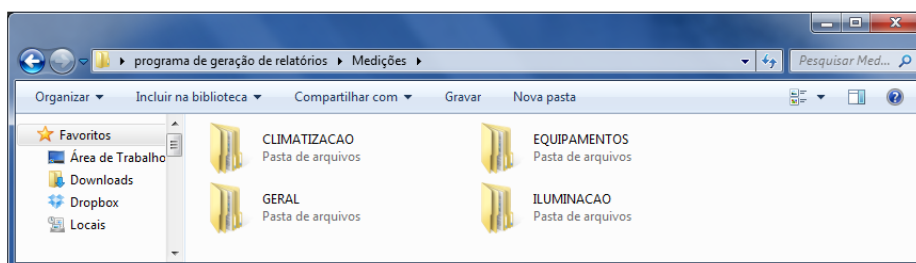
Para que o programa de geração possa ler corretamente as medições, o usuário deve criar o *Arquivo Principal de Configurações*. Este arquivo é o responsável por guiar o programa de geração no processo de leitura dos dados. O *Arquivo Principal de Configuração* consiste de um arquivo de texto separado por tabulação. Ele deve conter informações como o caminho da pasta onde se encontram as medições, o nome das pastas a serem utilizadas no processo de geração do relatório, o caminho do arquivo modelo para as medições utilizadas, e o nome base do arquivo que contém efetivamente as medições. A tabela 3.1 apresenta como as informações devem ser inseridas no arquivo de configuração principal. A figura 3.8 apresenta um exemplo de arquivo de configuração, os diretórios com as medições e os arquivos de medições contidos no diretório.

Tabela 3.1 – Informações contidas no *arquivo principal de configuração*.

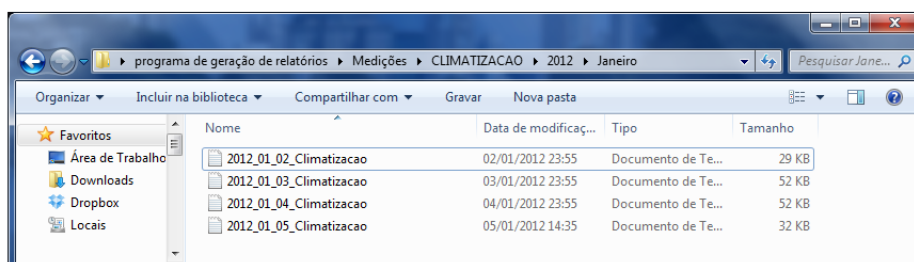
Caminho do diretório onde se encontram as medições		
Nome da medição 1	nome base dos arquivos da medição 1	Caminho do arquivo modelo referente a medição 1
Nome da medição 2	nome base dos arquivos da medição 2	Caminho do arquivo modelo referente a medição 2
:	:	:
Nome da medição n	nome base dos arquivos da medição n	Caminho do arquivo modelo referente a medição n



(a)



(b)



(c)

Figura 3.8 – (a) Arquivo de configuração para o programa de geração de relatórios personalizados. (b) Diretório onde estão contidas as medições. (c) Arquivos de medição.

O primeiro campo do arquivo principal de configuração consiste no caminho onde se encontram as medições a serem lidas. Deste diretório, o programa irá retirar os

arquivos de medição para geração dos relatórios. A partir da segunda linha do arquivo de configuração, o usuário deve declarar que medições deseja que sejam contidas no relatório. Esta declaração é feita com três informações para cada medição a ser incluída.

A informação da primeira coluna refere-se ao nome da medição, que corresponde ao nome da pasta onde esta se encontra. No exemplo da figura 3.8, o relatório seria gerado somente para as medições chamadas de CLIMATIZACAO e EQUIPAMENTOS.

A segunda coluna representa o nome base dos arquivos de medição (mostrados na parte inferior da figura 3.8). O nome base corresponde à parte configurável do nome de um arquivo de medição. O nome completo é sempre composto pela data à qual o arquivo se refere e pelo nome base configurado pelo usuário durante o processo de configuração dos arquivos criados pelo programa de aquisição utilizando redes industriais. A informação da segunda coluna, juntamente com o período a ser informado, diz ao programa que arquivos devem ser selecionados para o relatório.

A terceira coluna diz respeito ao caminho onde se encontra o arquivo modelo da medição. O arquivo modelo é responsável por informar ao programa como devem ser tratadas as grandezas selecionadas pelo usuário.

3.2.3 – Arquivo Modelo

Devido à grande variedade de variáveis a serem monitorados e também prevendo a possibilidade da implantação de novas variáveis que não foram consideradas inicialmente na monitoração da edificação, é necessária a utilização do *Arquivo Modelo*, para que o programa seja informado a respeito de como proceder diante de uma variável selecionada. Dentre as funções do *Arquivo Modelo* podem-se citar: apresentar o nome das grandezas contidas para seleção na interface do programa de geração de relatórios e criação das legendas dos gráficos, informar ao programa como o usuário gostaria que fossem lidos os dados coletados para cada variável de maneira independente, e outras configurações comentadas a seguir.

A figura 3.9 apresenta um arquivo de medição e um *Arquivo Modelo*, ao qual este se refere. O *Arquivo Modelo* é também um arquivo de texto separado por tabulação. Suas três primeiras linhas referem-se aos nomes das variáveis que serão apresentados para o usuário e também que serão utilizados para a criação das legendas dos gráficos e

das tabelas do relatório. Os nomes das grandezas apresentados na terceira linha relacionam-se às variáveis de medições separadas por meio da tabulação, de modo que estes nomes não precisam ser necessariamente iguais àqueles apresentados no arquivo de medição.

A quarta linha refere-se à forma como o programa deverá ler cada variável contida no arquivo. O usuário deverá informar como deseja que cada variável seja lida, configurando cada coluna com os números 1 ou 2. O número 1 significa que a medição contida na coluna correspondente do arquivo de medições deve ser lida normalmente como consta no arquivo. O número 2 significa que a medição contida no arquivo deve ser lida de maneira acumulada, ou seja, o valor lido para cada instante corresponde a uma somatória de todos os instantes anteriores.

As linhas seguintes referem-se aos tipos de gráficos e tabelas gerados para cada variável e correspondem, respectivamente, a gráficos diários, médias do período, dia típico e tabelas. Estas linhas também devem ser configuradas com os números 1 ou 2. O número 1 significa que determinado gráfico ou tabela deve ser criado para a variável correspondente da coluna, e o número 2 significa que o tipo de gráfico ou tabela correspondente à linha não deve ser criado para a variável daquela coluna. Caso os números 1 ou 2 não constem no arquivo modelo, o programa irá, por *default*, inserir o número 2 nos campos em branco e proceder da maneira especificada anteriormente para este número.

Data	Hora	Tensão AN (V)	Tensão BN (V)	Tensão CN (V)	Corrente A (A)	Corrente B (A)	Corrente C (A)
04/01/2012	00:00:00	125,79	126,86	124,22	0,00	0,00	0,00
04/01/2012	00:05:00	125,84	126,88	124,24	0,00	0,00	0,00
04/01/2012	00:10:00	126,07	126,96	124,47	0,00	0,00	0,00
04/01/2012	00:15:00	126,34	127,17	124,66	0,00	0,00	0,00
04/01/2012	00:20:00	125,15	125,96	123,54	0,00	0,00	0,00
04/01/2012	00:25:00	124,86	125,75	123,27	0,00	0,00	0,00
04/01/2012	00:30:00	124,84	125,74	123,32	0,00	0,00	0,00
04/01/2012	00:35:00	124,88	125,76	123,31	0,00	0,00	0,00
04/01/2012	00:40:00	124,94	125,83	123,41	0,00	0,00	0,00
04/01/2012	00:45:00	125,20	126,12	123,65	0,00	0,00	0,00
04/01/2012	00:50:00	125,30	126,29	123,78	0,00	0,00	0,00
04/01/2012	00:55:00	125,28	126,28	123,82	0,00	0,00	0,00

(a)

Data	Hora	Tensão AN (V)	Tensão BN (V)	Tensão CN (V)	Corrente A (A)	Corrente B (A)	Corrente C (A)
		1	2	1	2	1	1
		1	1	1	1	1	1
		1	1	1	1	1	1
		1	2	1	1	1	1

- Tipo de gráfico
- Gráficos diários
- Médias do período
- Dia típico
- Tabelas

(b)

Figura 3.9 – (a) Arquivo de medição. (b) Arquivo Modelo referente ao arquivo de medição.

Desta forma, o arquivo modelo permite que cada parâmetro a ser incluído no relatório seja tratado de maneira independente, aumentando assim o nível de personalização do arquivo gerado pelo programa, pois o usuário pode escolher que tipos de gráficos e tabelas deseja para cada variável selecionada.

3.2.4 – Interface para geração de arquivos de configuração

Para facilitar a criação dos arquivos necessários à configuração do programa de geração de relatórios, foi desenvolvida uma interface gráfica para auxiliar os usuários na criação desses arquivos. A interface de criação de arquivos modelo e arquivos de configuração é apresentada na figura 3.10. Em seguida são apresentadas as funções dos controles da referida interface.

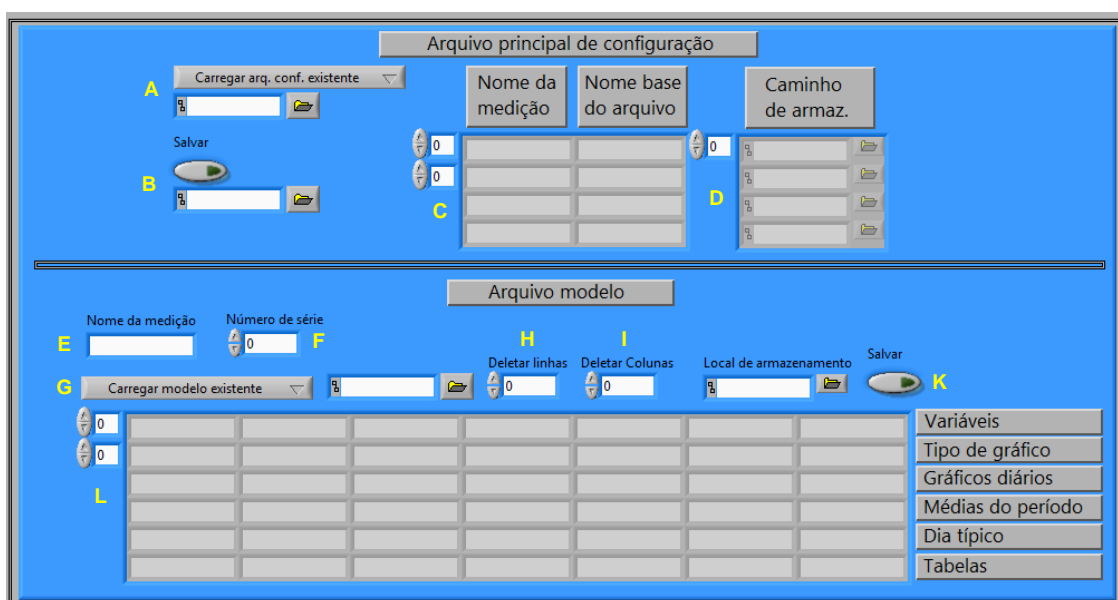


Figura 3.10 – Interface para criação de arquivos modelo e arquivo de configuração.

A – Define se será criado um *arquivo principal de configurações* novo ou se será realizada a edição de um arquivo já existente.

B – Salva o arquivo em um local especificado do disco rígido após a criação/edição.

C – Adiciona o nome da medição e o *nome base* que irão constar no *arquivo principal de configurações*.

D – Adiciona o caminho onde estão localizadas as medições no disco rígido.

E – Especifica o nome da medição que consta na primeira linha do *arquivo modelo*.

F – Número de série do equipamento que realiza a aquisição de dados.

G – Define se será criado um novo arquivo modelo ou se um arquivo já existente será editado.

H – Deleta todas as linhas a partir do número indicado.

I – Deleta todas as colunas a partir do número indicado.

K – Salva o *arquivo modelo* em um local específico do computador após a criação/edição.

L – Campos para edição do arquivo modelo. Neste local devem ser especificados os nomes das variáveis e também o código desejado para cada tipo objeto a ser criado pelo programa de geração de relatórios. O usuário não necessita preencher todos os campos. Campos em branco serão preenchidos automaticamente com o número 2.

3.3 – Gráficos e procedimentos adotados

O programa de geração de relatórios gera quatro tipos de gráficos para o usuário. Estes gráficos são: medições diárias, médias diárias, perfil típico de um período e gráficos XY das medições. As características de cada um desses tipos de gráficos e como o programa procede para sua criação são comentados a seguir.

3.3.1 – Gráficos diários

Os gráficos diários são aqueles criados pela leitura de um dos arquivos de dados selecionados pelo usuário. A leitura dos arquivos pode ser realizada de duas formas: leitura simples ou leitura acumulada. O modo de leitura simples traça os dados diários no gráfico, da maneira como constam no arquivo de dados. O modo de leitura acumulada traça os dados no gráfico como uma somatória de todos os valores anteriores ao valor da leitura atual e incluindo este na somatório. Este tipo de leitura é particularmente interessante para medições de consumo. Os dois tipos de leitura são apresentados respectivamente nas figuras 3.11 e 3.12.

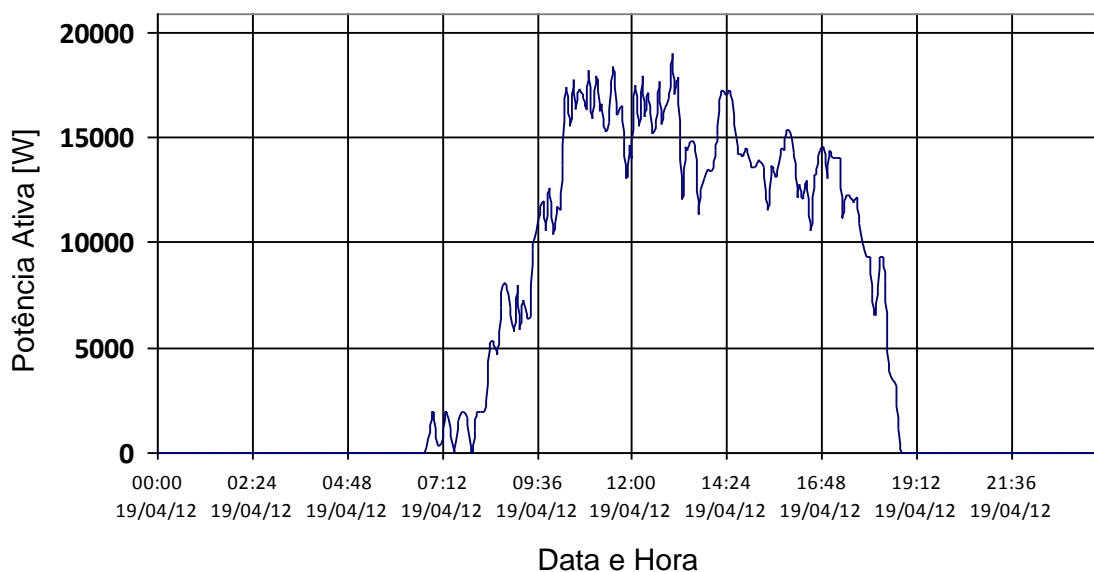


Figura 3.11 – Gráfico diário no modo de leitura simples.

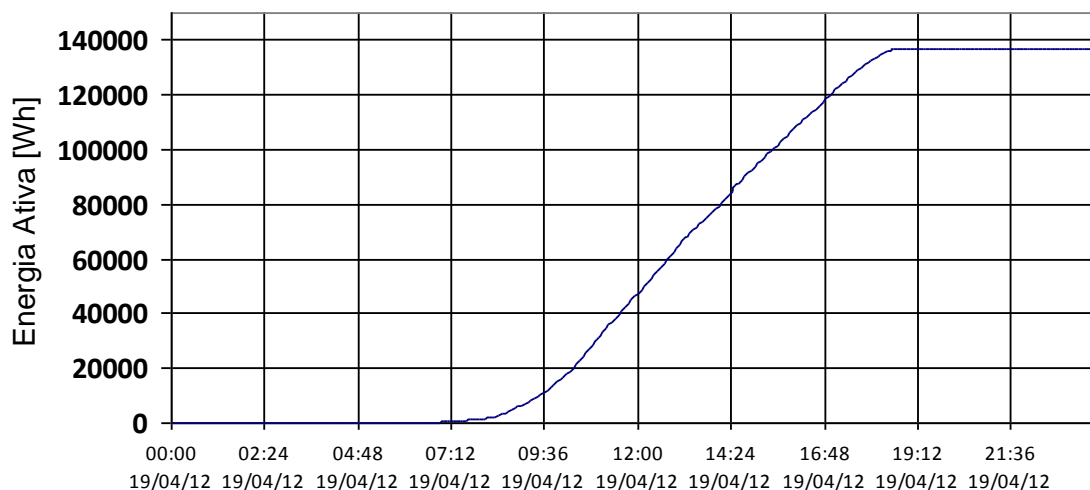


Figura 3.12 – Gráfico diário no modo de leitura acumulada.

Porém, antes da geração dos gráficos, o programa realiza algumas verificações a respeito da integridade dos dados para geração dos gráficos. Caso algum arquivo diário não tenha sido encontrado, o programa desconsidera os gráficos referentes a esse dia. Caso, o arquivo selecionado exista, porém não esteja completo, o programa irá completá-lo automaticamente com zeros para os instantes que não forem encontrados no arquivo, de forma que o gráfico diário de um arquivo não completo se assemelha ao mostrado na figura 3.13.

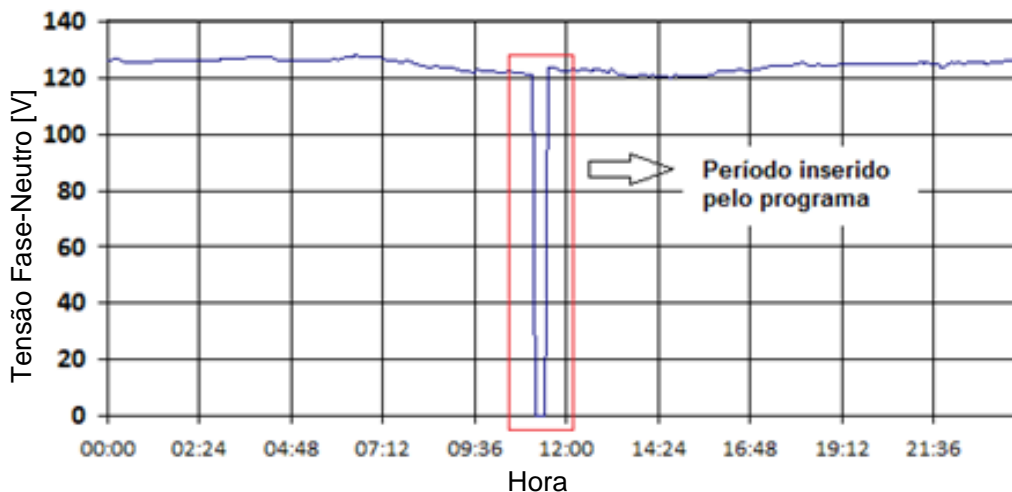


Figura 3.13 – Procedimento adotado pelo programa para arquivos não completos.

3.3.2 – Médias ou acumulados diários

Os gráficos de médias ou acumulados diários são gráficos de barra com o propósito de mostrar os valores médios ou acumulados totais de um dia inteiro para determinada variável em um dado período, como mostrado na figura 3.14, que apresenta os valores médios da potência ativa do sistema de climatização para os trinta dias do mês de abril de 2012. Os cálculos de valores médios não levam em consideração intervalos não existentes e são calculados apenas com valores que constam nos arquivos de medição. O gráfico da figura 3.14 também apresenta os valores máximos e mínimos medidos para determinado dia.

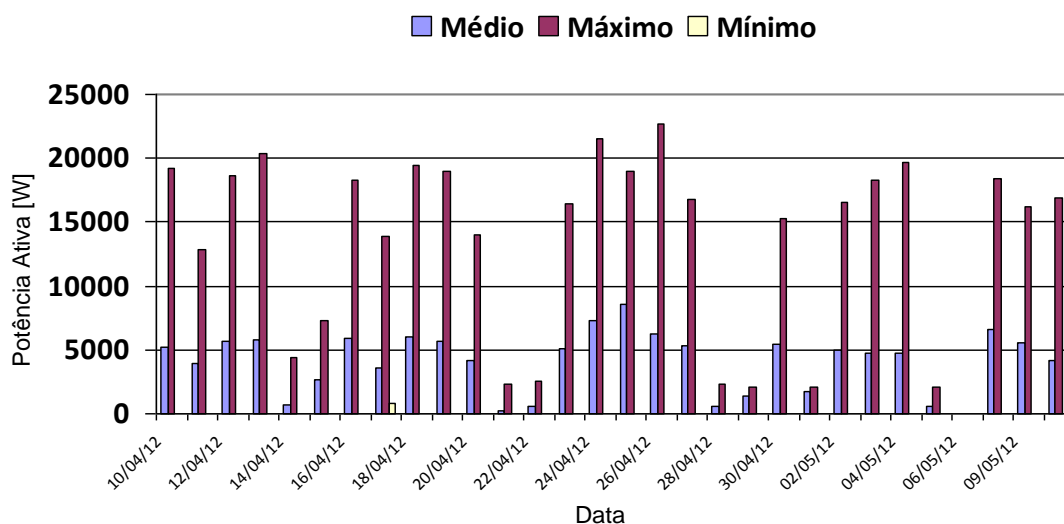


Figura 3.14 – Gráfico com médias, valores máximos e mínimos para cada dia selecionado no relatório.

3.3.3 – Perfil típico do período de medição

O programa pode gerar perfis típicos do período. O procedimento para criação de tais gráficos é o seguinte: o programa calcula as médias para cada instante de armazenamento dos dados de todos os arquivos que compõem o período de medição ou, em caso de seleção manual, de todos os arquivos selecionados pelo usuário.

O programa considera a possibilidade de não existência de determinado momento de armazenamento. Neste caso, o programa, antes de calcular os valores médios que irão compor este dia médio, primeiramente realiza uma busca nos dados, para verificar a possível inexistência de um determinado instante de armazenamento em algum dos arquivos de medição selecionados. Caso determinado instante não seja encontrado, este não será contabilizado no cálculo das médias. O cálculo do instante médio do período $V_{i\ med}$ é expresso pela fórmula abaixo:

$$V_{i\ med} = \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^n V_{ij} \quad (3.1)$$

Os índices i e j correspondem respectivamente ao momento da integralização e ao arquivo diário considerado; V_{ij} refere-se ao valor de um determinado instante de armazenamento i para um dado arquivo diário j ; N_i é igual ao número de valores encontrados para determinado instante de integralização i nos arquivos selecionados para geração do relatório. A figura 3.15 apresenta um gráfico de dia típico da demanda de climatização do Laboratório.

O usuário pode também, se assim o desejar, exportar os dados contendo os pontos calculados (perfil do dia típico) para um arquivo de texto . O arquivo de texto possui a mesma formatação dos arquivos de medição e contém o perfil típico para as variáveis selecionadas no período escolhido.

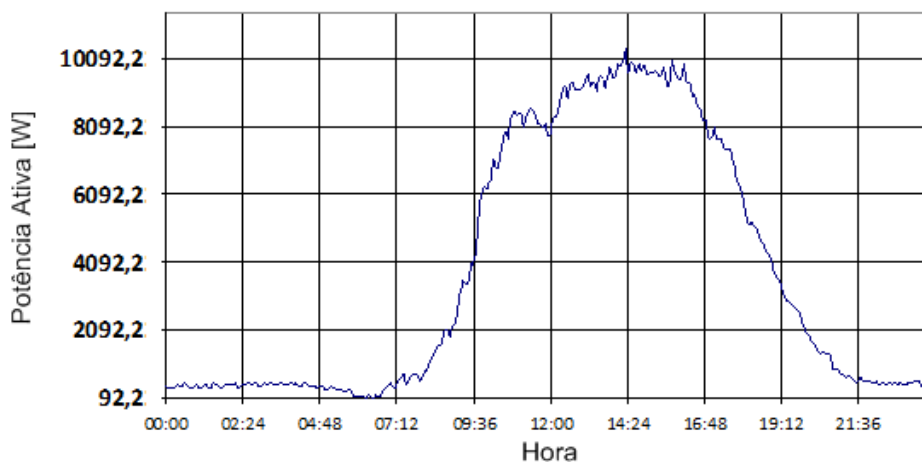


Figura 3.15 – Gráfico de perfil típico para a demanda de climatização do laboratório para o mês de Abril de 2012.

3.3.4 – Gráficos XY

Os gráficos XY são aqueles que relacionam os valores de uma variável medida com outra. Estes valores são relacionados a partir de seus instantes de armazenamento, ou seja, devem possuir a mesma hora e o mesmo dia, para que possam ser considerados pontos válidos para o traçado no gráfico. Se um valor de determinada data e hora não tiver seu correspondente na outra grandeza, este par será desconsiderado do relatório. Um exemplo de gráfico XY gerado pelo programa é apresentado na figura 3.16. Neste exemplo foram relacionados os valores de potência ativa da carga de climatização e temperatura externa da edificação para o dia 24/04/2012.

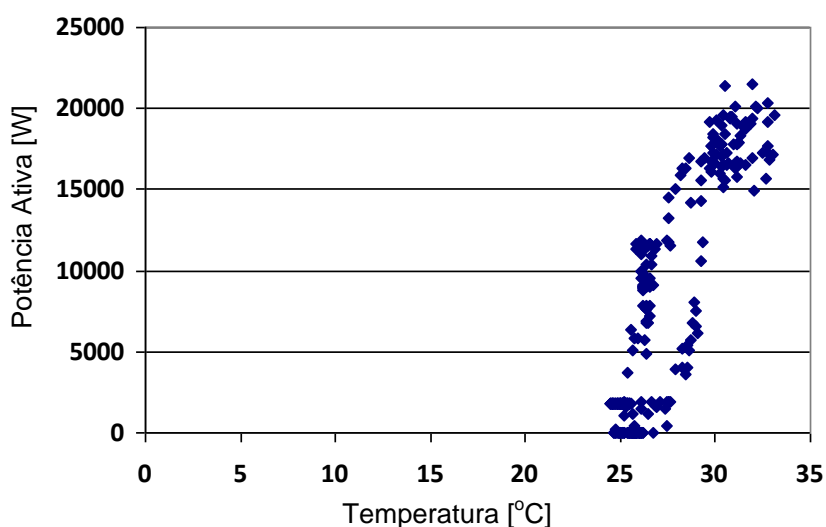


Figura 3.16 – Gráfico XY gerado pelo programa.

3.3.5 – Tabelas

O programa também gera, caso o usuário deseje, tabelas com valores estatísticos a respeito das medições de um dado dia ou período. A tabela apresenta os valores máximos e mínimos, a média do período considerado e o desvio padrão dos valores utilizados para sua criação desses valores. Um exemplo de tabela gerada pelo programa é apresentado na tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Exemplo de tabela gerada pelo programa de geração de relatórios (medições de temperatura externa para o dia 26/04/2012, em °C).

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
33,280	24,780	27,600	2,222

*Obs: As unidades utilizadas nas tabelas são as mesmas do arquivo de medição. Entretanto estas não são mostradas explicitamente nas tabelas.

3.4 – Interface do programa de geração de relatórios personalizados

Após a fase de criação dos arquivos de configuração e modelo, o programa de geração de relatórios pode ser executado. A interface inicial do programa é apresentada na figura 3.17. Também são apresentadas as funções dos controladores e indicadores contidos na interface inicial.

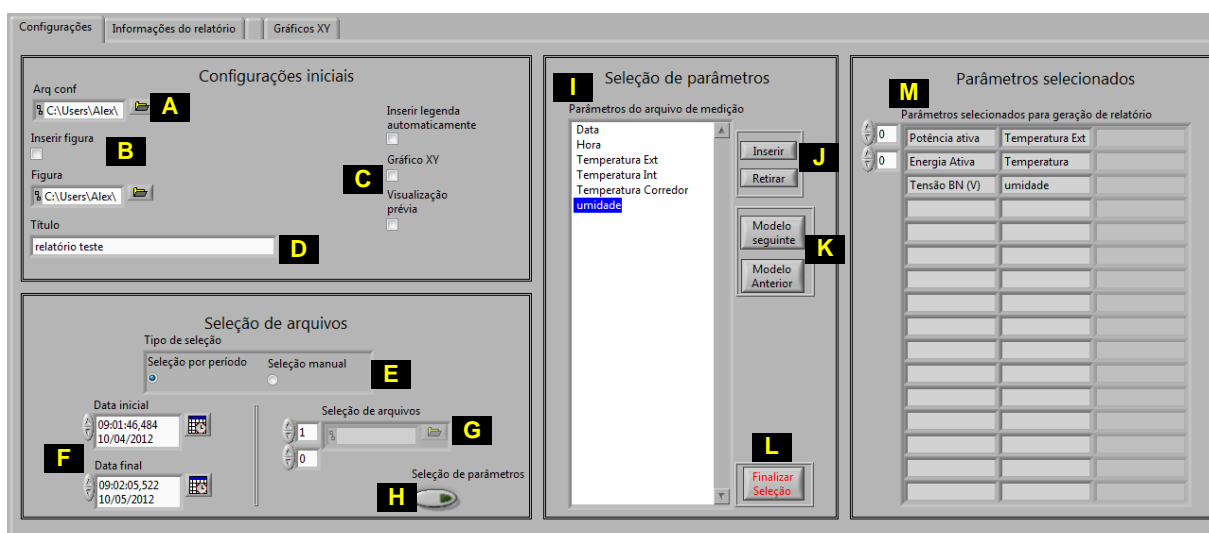


Figura 3.17 – Interface inicial do programa de geração de relatórios personalizados.

A – Arquivo de configuração principal: neste campo é inserido o endereço no disco rígido do arquivo de configuração principal.

B – Inserir figura: insere uma figura na capa do relatório.

C – Inserir legenda: insere legendas para os gráficos do relatório automaticamente.

D – Título: insere um título na primeira página do relatório.

E – Tipo de seleção de arquivos: este campo informa como é feita a seleção dos arquivos que irão compor o relatório. A seleção pode ser realizada de duas formas, manualmente e por período.

F – Período do relatório: insere o período (data inicial e data final) para o qual o relatório será criado, caso o tipo de seleção seja por período.

G – Seleção por arquivo de medição: campo para escolha de arquivos de medição que deverão constar no relatório. Os procedimentos de seleção são explicados com mais detalhes adiante neste trabalho.

H – Seleção de variáveis: este botão é responsável por avançar o programa para a fase de seleção de variáveis.

I – Lista de seleção de variáveis: neste campo são apresentadas as variáveis que podem ser selecionadas para o relatório.

J – Inserir e retirar: respectivamente insere ou retira uma variável selecionada para o relatório.

K – Modelo seguinte e modelo anterior: são utilizados para visualizar as variáveis contidas nos arquivos modelos do relatório.

L – Finaliza seleção: este botão finaliza a seleção de variáveis e passa para a próxima etapa de configuração.

M – Variáveis selecionadas: este campo indica as variáveis que irão constar no relatório. As fases de configuração do programa devem ser seguidas na ordem correta, para que este funcione adequadamente. Durante a fase de configuração, deve ser inserido obrigatoriamente o caminho do arquivo de configuração principal, pois sem este o programa de geração de relatórios não poderá carregar os arquivos de medição e nem saberá como proceder diante da escolha de determinada medição.

O programa pode também gerar legendas dos gráficos e tabelas automaticamente. Para gerar as legendas, deve-se marcar o *checkbox* apresentado na interface de configuração do programa. As legendas são criadas a partir das seguintes informações: datas dos arquivos, nomes das variáveis apresentadas no arquivo modelo e tipo de gráfico a ser gerado para determinada grandeza no arquivo modelo.

O título do relatório e a figura para constar na capa são opcionais. Após informar o arquivo principal de configuração, o usuário deve escolher os arquivos que irão constar no relatório. Esta escolha pode ser realizada de duas maneiras, a saber: escolha por período e escolha manual.

Na escolha por período é apresentado um calendário ao usuário, para que sejam selecionadas as datas de início e de fim do relatório. Caso a data inicial selecionada seja uma data posterior à data final, o programa retornará uma mensagem de erro para correção da escolha. O programa irá procurar nos diretórios especificados no arquivo de configuração as medições referentes àquele período.

A outra forma de seleção de arquivos é a seleção manual. Nela, os arquivos são escolhidos individualmente pelo usuário. Entretanto, o programa possui algumas diretrizes para esta seleção. Os arquivos selecionados devem estar organizados em uma matriz, onde a ordem das colunas corresponde à mesma ordem com que os nomes das medições foram declarados no arquivo de configuração. Em cada linha de determinada coluna deve ser inserido o caminho referente ao arquivo desejado. Como cada coluna se refere a um nome de medição existente no arquivo padrão, os arquivos inseridos nas respectivas linhas devem possuir o mesmo nome base que aquele declarado no arquivo de configuração. A inserção de um arquivo com nome base diferente será desconsiderada pelo programa. O programa também sempre organiza os arquivos selecionados em ordem cronológica, não importando a ordem com que foram selecionados.

Em qualquer dos casos de seleção, o programa faz uma varredura pelos diretórios indicados pelo arquivo de configuração e, caso algum arquivo não seja encontrado, este será desconsiderado do relatório e o usuário será avisado na aba de informações do relatório.

Após a configuração das variáveis iniciais, deve-se acionar o botão seleção de variáveis, para que as configurações existentes no arquivo de configuração sejam carregadas no programa, e as variáveis possíveis de seleção apresentadas.

A partir dos arquivos modelos informados, as variáveis são carregadas para seleção pelo usuário. As variáveis são mostradas da mesma forma como constam no arquivo modelo e a escolha ou exclusão de certa medição é realizada respectivamente pelos botões inserir e retirar. Para evitar problemas na geração do relatório, uma mesma variável não pode ser selecionado duas vezes. Os botões Modelo Seguinte e Modelo Anterior são utilizados para carregar as variáveis de outros arquivos modelos.

3.4.1 – Informações do Relatório

A aba informações do relatório serve para alertar o usuário a respeito de certos aspectos do relatório como: arquivos utilizados para criação do relatório; arquivos que deveriam constar no relatório, porém não foram encontrados; diretório onde os arquivos foram encontrados, dentre outras informações pertinentes ao relatório. A interface da aba informações do relatório é apresentada na figura 3.18. A interface apresenta também como o programa interpreta os valores inseridos no arquivo modelo de alguma medição.

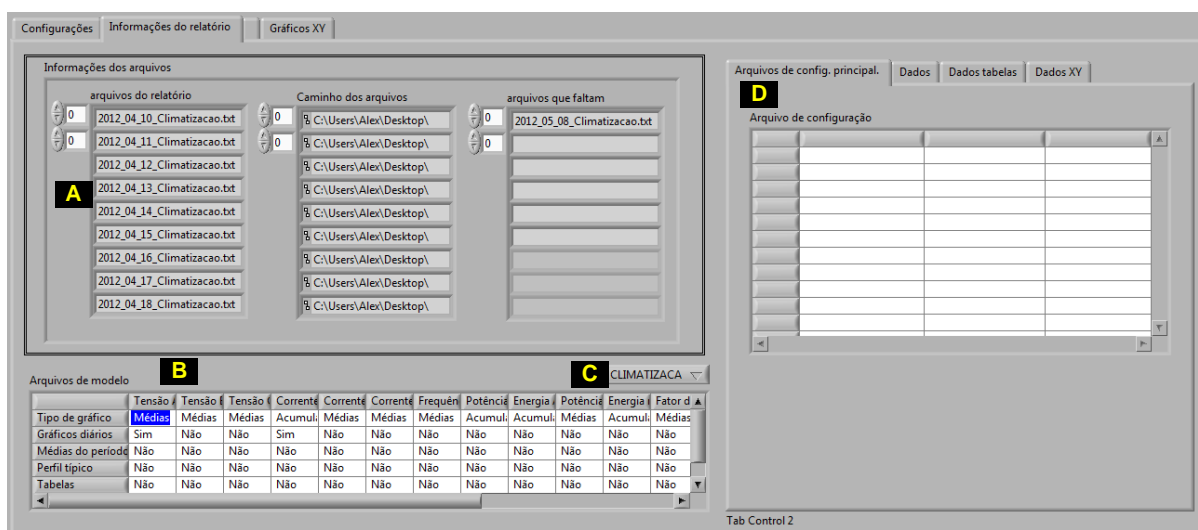


Figura 3.18 – Informações do relatório.

A – Informações dos arquivos: este campo informa ao usuário que arquivos irão fazer parte do relatório, o caminho onde estes arquivos foram encontrados e

também quais são os arquivos que deveriam constar no relatório, porém não foram encontrados pelo programa de geração de relatórios.

B – Arquivos de modelo: apresenta como o programa irá tratar cada variável que consta nos arquivos de modelo, pois fornece ao usuário um indicativo de quais e como os gráficos serão esboçados no relatório.

C – Seleção de arquivos: neste campo é selecionado qual arquivo modelo é apresentado para o usuário na tabela.

D – Arquivo principal de configuração: este campo apresenta o arquivo de configuração da forma como é interpretado pelo programa.

As abas *dados*, *dados tabela* e *dados XY* possuem indicadores que apresentam os valores numéricos que serão utilizados pelo programa para a geração dos gráficos.

3.4.2 – Gráficos XY

O programa de geração de relatórios também permite o cruzamento entre medições para a criação de gráficos XY. A figura 3.19 apresenta a interface para geração de gráficos XY. Nela, o usuário deve fazer a seleção de pares de variáveis. A seleção é semelhante àquela apresentada anteriormente, porém duas variáveis consecutivas formam um par para ser traçado no gráfico. As variáveis da primeira coluna correspondem ao eixo X e aquelas que constam na segunda coluna correspondem ao eixo Y.

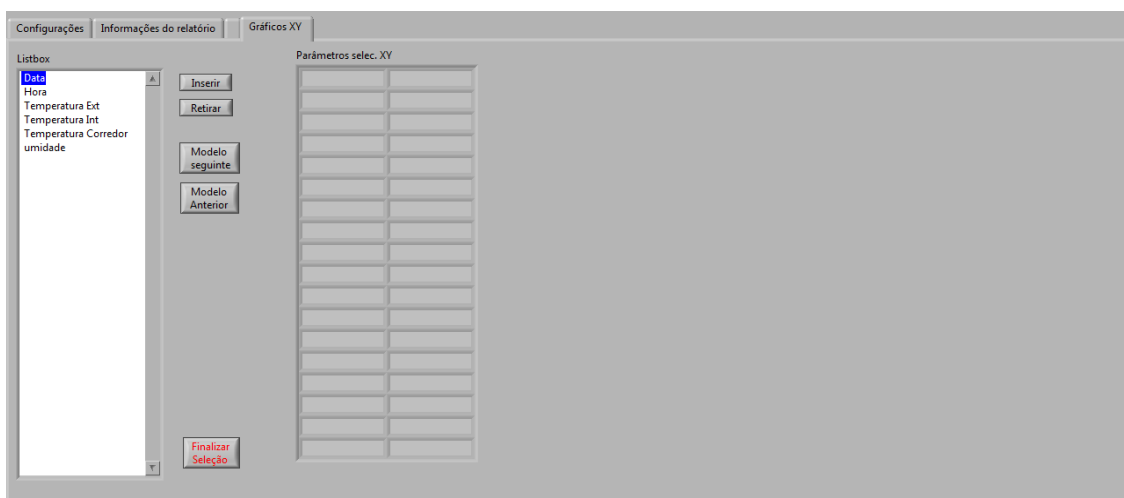


Figura 3.19 – Geração de gráficos XY.

3.5 – Interfaces para apresentação dos dados monitorados

Para facilitar a utilização do sistema de monitoração, interfaces para a visualização e análise dos dados foram criadas. Entretanto, seria difícil atender às diferentes necessidades dos usuários do programa e prever todas as análises possíveis. Neste contexto, uma característica importante de uma ferramenta para apresentação das medições, muito mais do que apresentar uma grande variedade de manipulações com os dados, é prever e viabilizar expansões. Estas expansões consistem na inserção de interfaces de análise a serem criadas de acordo com as necessidades dos usuários do programa.

A ideia principal é a personalização do programa pelo usuário, possibilitando a este último realizar sua análise mais específica com os dados monitorados. Desta forma, a apresentação e a análise dos dados são divididas em duas partes: preparação dos dados e leitura dos dados. A importância da separação dessas duas tarefas é a criação de um programa modular, onde novas interfaces possam ser inseridas sem modificações no resto do programa.

3.5.1 – Programa de visualização dos dados

A interface do programa para visualização das medições integralizadas pelos módulos de coleta de dados é apresentada na figura 3.20. A interface consiste na planta baixa do laboratório, com botões que representam as salas da edificação. Nela, o usuário deverá selecionar o dia de medição e o ambiente para o qual deseja visualizar as medições. A função de cada botão é explicada a seguir.

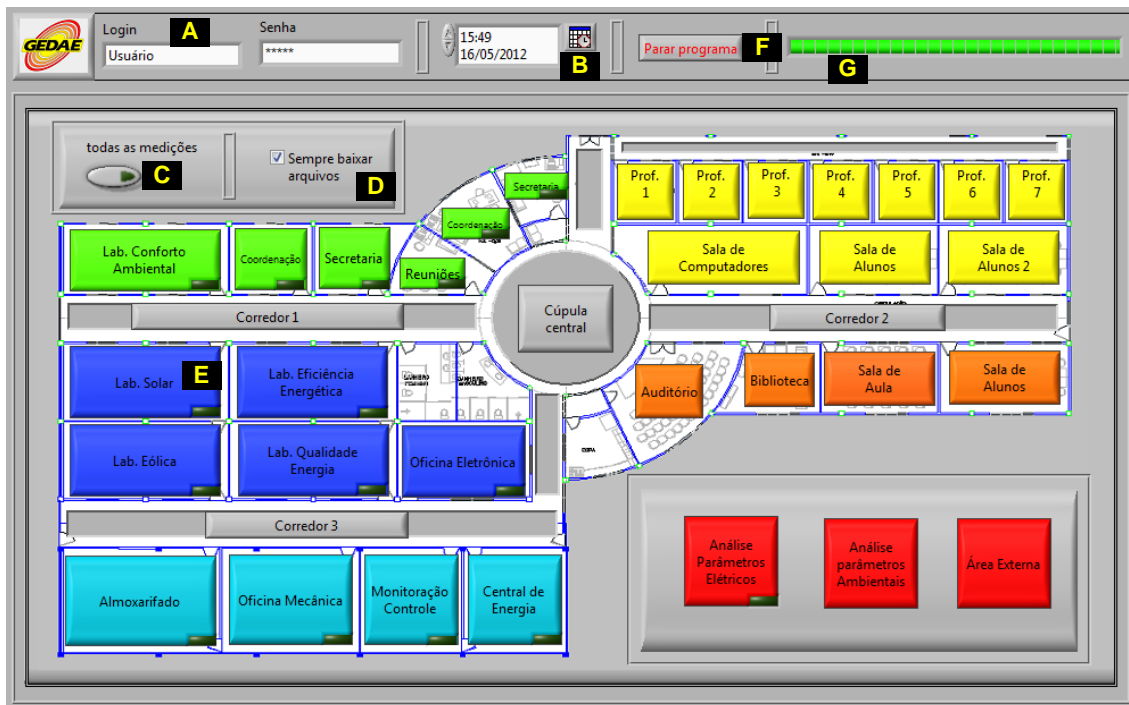


Figura 3.20 – Interface inicial para visualização dos dados.

A – Login e Senha: autenticação necessária para baixar arquivos do servidor.

B – Calendário: calendário para especificar a data dos arquivos que devem ser selecionados.

C – Todas as Medições: baixa todas as medições existentes para determinado dia.

D – Sempre Baixar Arquivos: baixa os arquivos de medição para um dia, mesmo que estes já estejam no diretório de medições do disco rígido.

E – Ambientes do laboratório: botões utilizados para a seleção das medições referentes à determinado ambiente.

F – Parar programa: utilizado para encerrar a execução do programa.

G – Barra de progresso: utilizada para apresentar ao usuário uma estimativa de quantos arquivos já foram baixados do servidor.

Quando a data é escolhida e o botão referente a algum ambiente é pressionado, o programa verifica quais medições estão atribuídas àquele ambiente e procura estas últimas primeiramente no diretório de medições do programa chamado

Medições. O diretório Medições armazena todos os arquivos lidos pelos programas de análises.

Ao ser executado pela primeira vez, o programa verifica a existência de um diretório chamado Medições. Caso este diretório não exista, o programa principal irá criá-lo e sempre irá inserir as medições neste diretório.

Caso algum arquivo não seja encontrado no diretório referido anteriormente, o programa tentará buscar este arquivo no servidor e, caso o encontre, fará o download deste arquivo (para isso, antes o usuário deve fornecer *login* e senha para autenticação no servidor). Caso contrário, uma mensagem será retornada ao usuário, informando a ausência do arquivo.

Após a fase de seleção dos arquivos a serem lidos, o programa passa para a fase de carregamento dos módulos de visualização e análise. Cada botão possui uma pasta a qual acessa, à procura de outros módulos executáveis. O programa principal carrega, então, todos os programas contidos na pasta correspondente ao botão pressionado. Assim, o programa possui certa flexibilidade para a inserção de módulos de expansão. O usuário pode inserir, ou mesmo programar outros módulos de análise para serem carregados por determinado botão, desde que obedeçam a certas regras e padrões estabelecidos para o sistema de monitoração. A figura 3.21 apresenta um fluxograma da execução deste módulo.

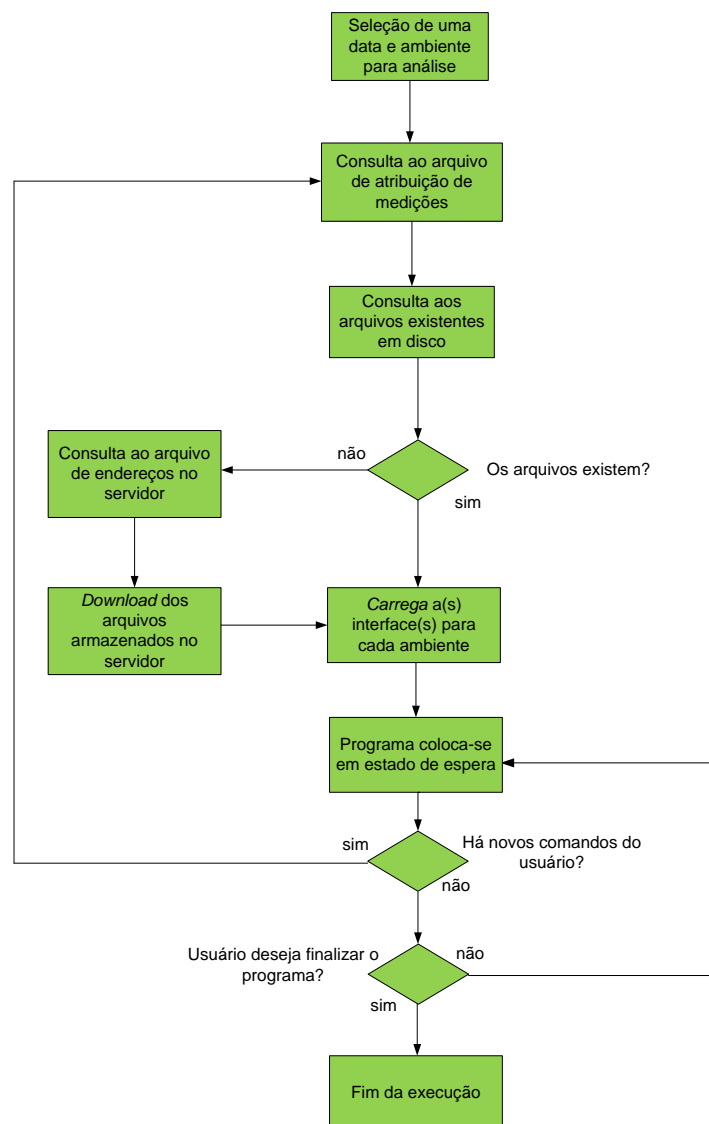


Figura 3.21 – Fluxograma de execução do programa de apresentação de medições.

3.5.2 – Atribuição das medições para os ambientes

Por *default*, cada ambiente deve conter apenas as variáveis que são medidas no mesmo. Entretanto, a atribuição de medições aos ambientes pode ser configurada pelo usuário. Para configurar que medições devem ser carregadas por determinado ambiente, o usuário deve fazer modificações nos arquivos de configuração que instruem o programa durante sua execução.

O arquivo de configuração das medições consiste de um arquivo de texto separado por tabulações. A primeira linha do arquivo corresponde ao nome dos botões na interface. As linhas subsequentes referem-se às medições. Na coluna onde consta o nome de determinado ambiente devem ser escritos os nomes das medições que se

desejam atribuir a este. O arquivo de configuração desta interface deve se assemelhar ao esquema mostrado na tabela 3.3. Desta forma, o usuário pode configurar que medições deseja visualizar para cada ambiente, aumentando a flexibilidade do módulo de apresentação de dados. A figura 3.22 apresenta um exemplo do arquivo de configurações de medição.

Tabela 3.3 – Esquema de organização das medições nos arquivos de dados.

Botão 1	Botão 2	...	Botão n
medição 1	medição 1		medição 1
medição 2	medição 2		medição 2
:	:		:
medição n	medição n		medição n

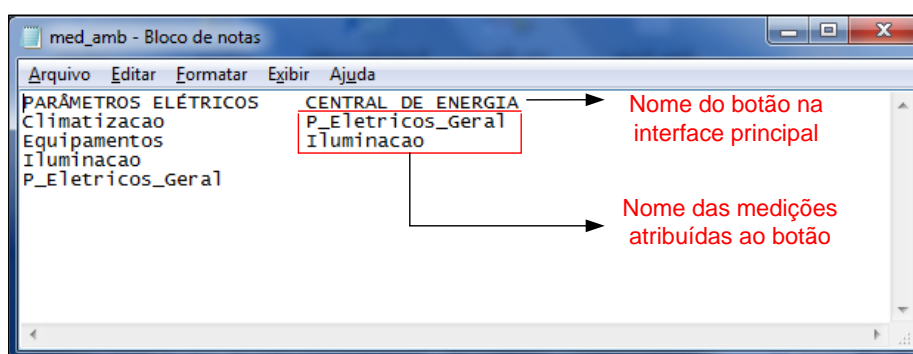


Figura 3.22 – Arquivo de configuração de medições.

3.5.3 – Download das medições

Caso os arquivos de medição não tenham sido encontrados no disco rígido do computador, ou se o usuário desejar, o programa pode realizar o *download* das medições conectando-se ao servidor. Esta característica é importante para aumentar a acessibilidade às medições, pois o usuário pode verificar as medições de qualquer lugar com acesso à internet.

Para realizar o *download* das medições, o programa utiliza dois arquivos de configuração (explicado anteriormente). Um deles é o arquivo de atribuição das medições para determinado ambiente, para que o programa saiba quais arquivos de medição deve procurar. O outro arquivo de configuração contém os endereços das medições no servidor e é utilizado para que o programa saiba onde devem ser procuradas as medições nos diretórios do servidor. Este arquivo deve ser organizado de

acordo com a tabela 3.4. A figura 3.23 apresenta um exemplo do arquivo de configuração de endereço dos diretórios remotos.

Tabela 3.4 – Organização das colunas no arquivo de diretórios do servidor.

nome do diretório onde os arquivos são armazenados	Nome base do arquivo de medição	nome do ambiente que guarda esta medição no servidor precedido por barra invertida
nome do diretório onde os arquivos são armazenados	Nome base do arquivo de medição	nome do ambiente que guarda esta medição no servidor precedido por barra invertida
nome do diretório onde os arquivos são armazenados	Nome base do arquivo de medição	nome do ambiente que guarda esta medição no servidor precedido por barra invertida

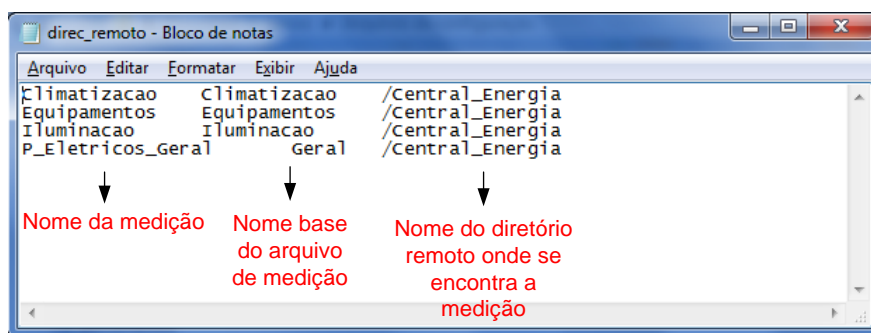


Figura 3.23 – Arquivo de diretório remoto.

3.5.4 – Interface padrão de leitura das medições

Por *default*, todos os botões possuem a mesma interface para leitura das medições. Esta interface permite a visualização dos dados atribuídos para determinado ambiente em um dado dia de medição. O objetivo desta interface é poder se adequar a qualquer tipo de medição contida ou que possa ser futuramente inserida no laboratório. Em consequência disto, ela não realiza nenhuma análise específica para determinada grandeza monitorada. A interface é apresentada na figura 3.24.

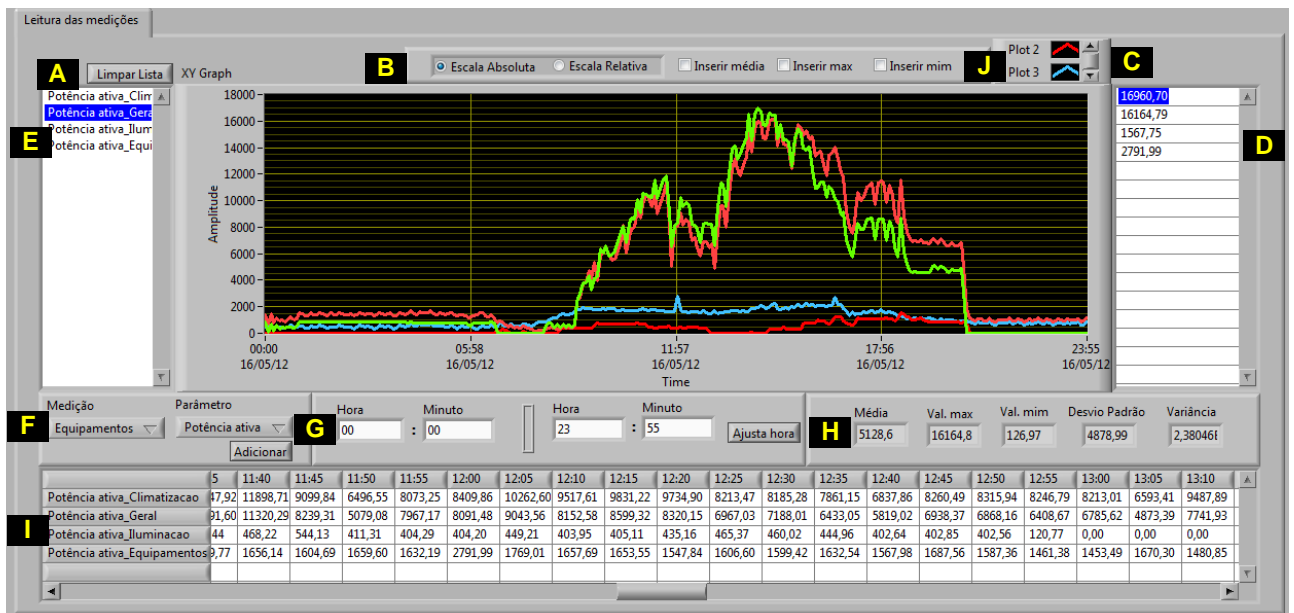


Figura 3.24 – Interface padrão de visualização de medições.

A – Limpa medições: este controle é utilizado para apagar todas as medições contidas na interface.

B – Configuração das escalas: estes controles são utilizados para configuração das escalas dos gráficos que podem ser de dois tipos: Escala Absoluta e Escala Relativa. A escala absoluta traça todos os gráficos, configurando a escala a partir dos valores encontrados nos arquivos de medição. A escala relativa traça todos os gráficos como uma porcentagem dos seus respectivos valores máximos.

C – Personalização das curvas: este campo é utilizado para personalização das curvas que são esboçadas no gráfico. Dentre os aspectos que podem ser personalizados, podem-se citar a cor, a espessura da linha, a inserção de marcadores, o tipo de interpolação de pontos, dentre outros parâmetros, pois utilizam as ferramentas já disponibilizadas pelo LabVIEW.

D – Quadro de valores máximos: neste quadro são apresentados os valores máximos de cada gráfico (a ordem dos valores é conforme a ordem da lista do nome das variáveis), para nortear o usuário quando da utilização de escalas relativas para traçado dos mesmos.

E – Nome das variáveis apresentados: esta lista apresenta o nome das variáveis traçadas no gráfico. Os itens contidos nesta lista são selecionáveis, e a seleção dos mesmos indica para qual das curvas são traçados os valores médios, máximos e

mínimos. Também indica para qual medição são apresentados valores estatísticos, como média, desvio padrão e variância, encontrados nos indicadores numéricos da interface.

F – Medições e variáveis: este campo apresenta as medições e as variáveis que podem ser lidas pelo programa. A lista de variáveis contida neste campo é carregada dinamicamente e pode variar, dependendo das medições que foram atribuídas a determinado ambiente.

G – Ajuste do horário: este campo ajusta o horário para o qual as medições são apresentadas, limitando desta maneira o eixo do horário das medições.

H – Valores estatísticos: este campo apresenta valores estatísticos para a medição que está selecionada atualmente na lista de nome das curvas dos gráficos.

I – Valores do gráfico: este campo apresenta os valores que estão sendo utilizados para o traçado dos gráficos. Nele o usuário pode visualizar os pontos dos gráficos listados de maneira mais precisa.

J – Inserir média, máximo e mínimo: estes *checkboxes* são utilizados para esboçar no gráfico esses três parâmetros para a curva selecionada na lista de medições selecionadas.

Quando este módulo é carregado, o programa principal informa-o a respeito de quais arquivos este último deve ler. A partir do cabeçalho dos arquivos de medição, o programa de leitura carrega o nome das variáveis e o nome base dos arquivos de medições que podem ser lidos para traçado dos gráficos. O usuário pode traçar quantos gráficos desejar e personalizá-los de maneira independente.

3.5.5 – Integração de interfaces para um ambiente

Objetiva-se que análises mais específicas sejam inseridas à medida que os usuários do programa forem necessitando. Por isso, o programa pode ser expandido para novas interfaces, possibilitando que novos módulos possam ser programados para sua utilização em conjunto com o sistema de monitoração da edificação.

Quando um dos botões da interface que contém a planta da edificação (figura 3.20) é pressionado, este carrega todos os arquivos executáveis que estão contidos na

pasta correspondente a este botão. Desta forma, para inserir um novo módulo de análise no programa, basta que este seja inserido na pasta correspondente ao botão.

O programa principal informa aos módulos de análise os arquivos de medição que serão passados a estes. Assim, todos os módulos programados para atuarem em conjunto com o programa principal de visualização de dados devem possuir em seu código fonte um bloco de código que realiza esta interface entre o programa principal e os módulos programados. Este bloco de código basicamente recebe do programa principal a informação de quais dados devem ser lidos e onde esses dados se encontram. Uma vez que as medições desejadas chegam aos módulos de análise, o programador pode trabalhar com os dados da maneira que melhor lhe convier. A figura 3.25 apresenta um esquema básico da inclusão de novos módulos de análise.

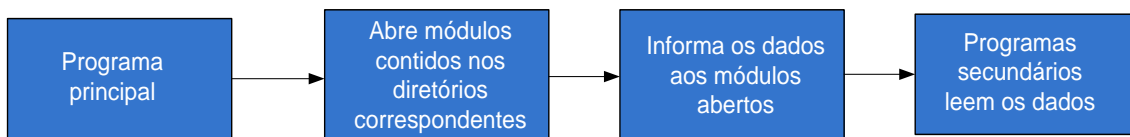


Figura 3.25 – Esquema básico da inclusão de novos módulos de análise.

CAPÍTULO 4

VALIDAÇÃO DO PROGRAMA E RESULTADOS DO SISTEMA DE MONITORAÇÃO DESENVOLVIDO

O objetivo principal do sistema de monitoração do Laboratório de Energias Renováveis e Eficiência Energética do GEDAE é a obtenção de dados para o desenvolvimento de pesquisas nas áreas de eficiência energética, energias renováveis e conforto ambiental, e também a criação de um banco de dados integrado, sincronizado e de fácil acesso, para os usuários do prédio, facilitando o cruzamento entre medições das várias grandezas medidas. Os equipamentos para montagem do sistema, entretanto, estão sendo inseridos gradativamente, dependendo da disponibilidade de recursos para tal fim.

Atualmente encontram-se instaladas duas redes em pontos separados do laboratório. A aquisição de dados dessas duas redes é feita de maneira similar. Ambas utilizam o protocolo *Modbus* para comunicação com os instrumentos de medição. Os dados referentes a tais medições são enviados continuamente para um servidor, a fim de facilitar o acesso a estes.

A seguir são apresentados alguns módulos já em funcionamento do sistema de monitoração da edificação. Também é apresentada a página *web* preliminar, onde são armazenados os arquivos de dados do laboratório. Um exemplo de relatório do programa de monitoração para análises de dados coletados é apresentado ao final deste trabalho, no apêndice.

4.1 – Funcionamento do sistema de monitoração

Atualmente, estão em fase de testes duas redes de monitoração no laboratório. Uma delas está destinada a realizar o monitoramento do quadro de distribuição geral da edificação. Nela são medidas as grandezas elétricas pertinentes à edificação. A outra rede possui três medidores de temperatura e um medidor de umidade relativa, para a realização de medições das variáveis psicrométricas de um ambiente escolhido para os testes preliminares. O ambiente em questão foi selecionado por possuir janelas na fachada frontal do prédio, característica que lhe dá maior ventilação; e também um maior sombreamento, proporcionado por um gerador fotovoltaico utilizado como prolongamento do telhado. Assim, deseja-se verificar o quanto estas peculiaridades,

além das características construtivas da edificação influenciam na necessidade de climatização artificial.

As duas redes possuem funcionamento independente, mas os módulos continuamente incrementam uma base de dados em um servidor na internet para que todos os usuários da edificação tenham acesso às medições e possam tratá-los como melhor lhes convier nos módulos de análise.

4.1.1 – Monitoração das grandezas elétricas do laboratório

A medição realizada no quadro geral do laboratório é dividida por uso final em: circuitos de iluminação, tomadas e equipamentos, e circuitos de climatização. Isto foi feito com a finalidade de facilitar análises a respeito do desempenho energético da edificação do laboratório, pois pode-se avaliar a contribuição de cada um dos tipos de conjuntos de circuitos de maneira independente. Há também uma medição independente para o consumo geral da edificação, inserida na entrada do quadro geral de distribuição. Um esquema simplificado do quadro de distribuição da edificação é apresentado na figura 4.1.

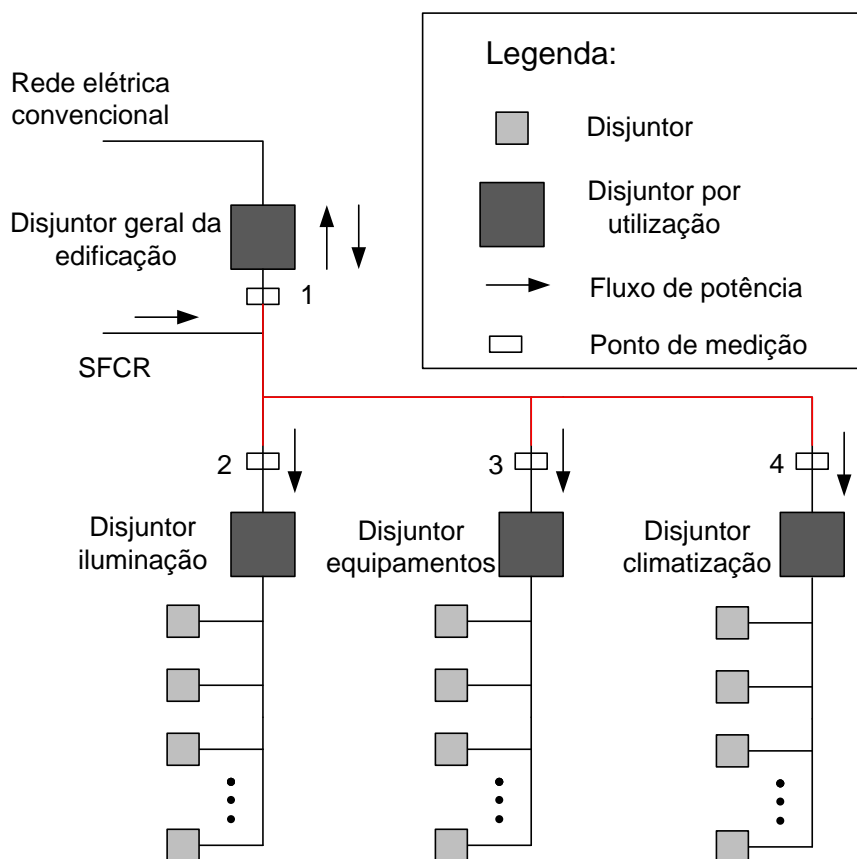


Figura 4.1 - Esquema simplificado do quadro do laboratório.

No quadro de distribuição geral, foi utilizado o medidor multigrandezas Multi-K, do fabricante Kron, para medição das variáveis elétricas. O medidor possui a capacidade de medir diversas grandezas elétricas, como tensão, corrente, potência, frequência, energia em quatro quadrantes, distorção harmônica total, dentre outros. A precisão do equipamento é de 0,2% para medições de tensão, corrente e potência, e 0,5% para medições de energia.

No Esquema da figura 4.1 é possível notar em quais pontos são realizadas medições no quadro da edificação. Como os medidores multigrandezas instalados na edificação possuem medições em dois quadrantes, pode-se estimar, assim, a produção de energia injetada na rede elétrica, devida a sistemas de geração conectados à rede instalados no laboratório.

Também é possível, calculando-se a diferença entre a energia demandada pela rede que passa pelo transdutor número 1 e a energia consumida nos outros transdutores, estimar a contribuição energética dos sistemas de geração ao laboratório, como mostrado na equação 4.1. Ressalta-se que para que a equação 4.1 tenha validade, os sistemas de geração devem ser instalados depois do transdutor número 1 e antes do ponto de medição dos demais transdutores (linha em vermelho na figura 4.1).

$$RC + SF = D_I + D_C + D_E \quad (4.1)$$

onde RC é a potência ativa extraída da rede elétrica convencional, SF é a potência ativa injetada pelo sistema fotovoltaico, D_I é a demanda de iluminação, D_C é a demanda de climatização e D_E é a demanda das tomadas destinadas aos equipamentos.

A potência medida pelo medidor número 1, dessa forma, é a contribuição da rede elétrica para a demanda do laboratório. A demanda total da edificação é calculada como a soma das medições dos três pontos de utilização final. A figura 4.2, apresenta um exemplo do perfil de demanda observado na edificação para um dia médio, calculado a partir dos dias úteis do mês de abril de 2012. Nela é possível notar que durante a parte do dia em que há produção de energia do sistema fotovoltaico, as curvas Demanda Total (azul) e Demanda da Rede (lilás) apresentam uma diferença significativa, devido ao fato de que parte do consumo de energia do laboratório está sendo suprido pelo sistema fotovoltaico conectado à rede instalado na edificação. Entretanto, para os períodos do dia em que não há produção do sistema conectado à

rede, as referidas curvas são quase sobrepostas, sendo este o resultado esperado, pois nesses horários a demanda da edificação é inteiramente suprida pela rede elétrica convencional.

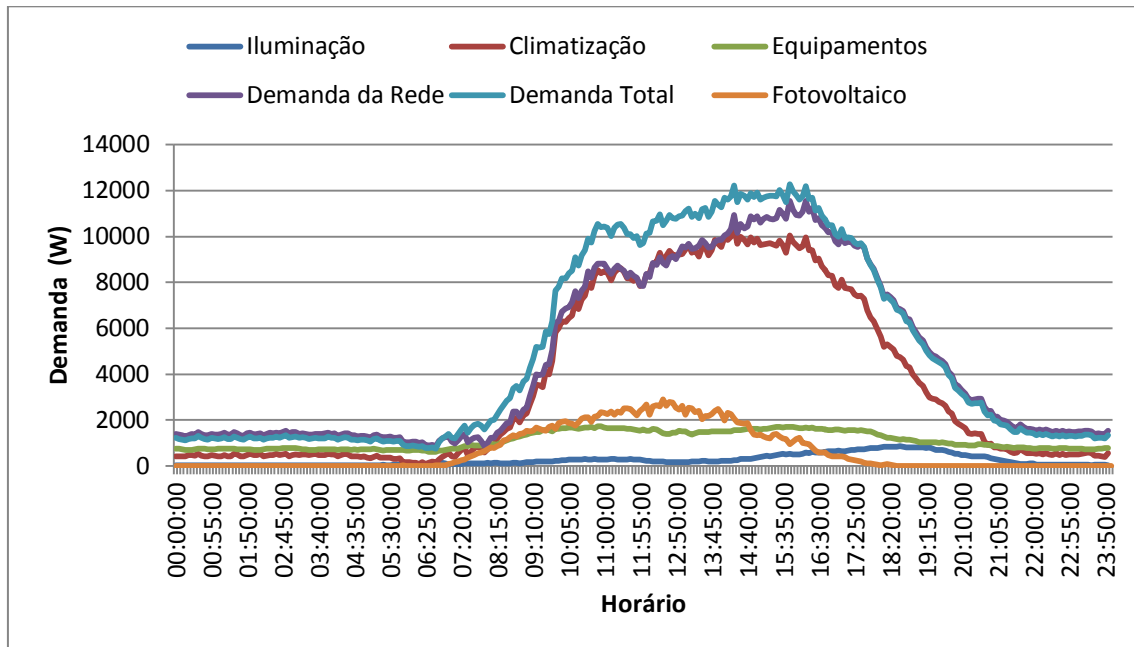


Figura 4.2 – Curvas de demanda do Laboratório.

Ressalta-se que as referidas curvas apresentam uma diferença um pouco maior no final da noite e durante a madrugada, períodos em que o laboratório não é ocupado. Isto ocorre devido à diminuição na carga do laboratório. Em situações com baixa carga, os transdutores não operam próximo ao seu valor nominal de operação, o que prejudica sua precisão.

As figuras 4.3, 4.4 e 4.5 apresentam o quadro geral de distribuição, os equipamentos de medição existentes no quadro e os medidores multigrandezas instalados nas portas do quadro geral de distribuição, respectivamente. O quadro possui quatro medidores multigrandezas, e suas variáveis são lidas a cada cinco segundos, para evitar colisões de dados devido à quantidade de variáveis lidas, e integralizados a cada cinco minutos, segundo a forma comentada no capítulo dois. A figura 4.6 apresenta o computador que gerencia a comunicação com os transdutores executando o programa de aquisição de dados com a interface de estimativa da demanda e da energia produzida pelo sistema fotovoltaico conectado à rede.



(a)



(b)

Figura 4.3 – Quadro geral de distribuição da edificação. (a) Disjuntor geral e circuitos de tomadas para demais equipamentos. (b) Circuitos de iluminação e climatização.



(a)



(b)

Figura 4.4 – Equipamentos de medição utilizados no quadro. (a) Medidor multigrandezas com as suas ligações. (b) transformadores de corrente nos barramentos.



Figura 4.5 – Medidores multigrandezas instalados na porta do quadro geral de distribuição da edificação.

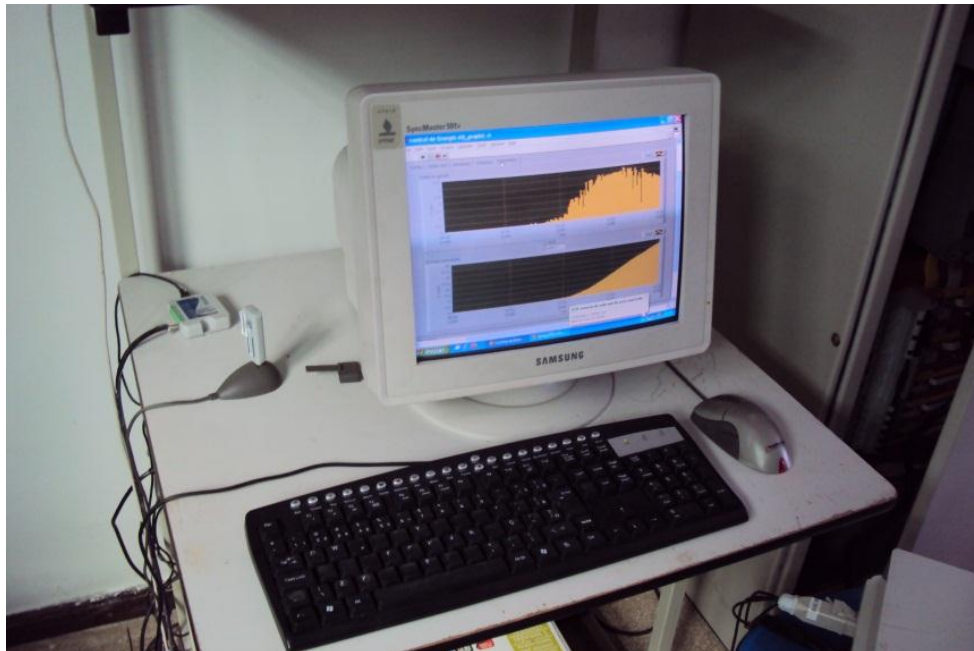


Figura 4.6 – Computador que gerencia os equipamentos da rede *Modbus*.

4.1.2 – Monitoração das variáveis de temperatura e umidade relativa em uma das salas

A outra rede industrial monitora as variáveis de temperatura e umidade relativa na sala referida anteriormente. Esse ambiente recebe as medições de quatro transdutores, sendo três termopares e um termo-higrômetro. Os pontos de medição encontram-se na área externa próximo à sala e no corredor do laboratório (próximo à sala) para os termopares, e dentro da sala, onde se encontra um termopar e o termo-higrômetro. Os dados desta rede são passados ao computador a cada dois segundos. Neste caso, como poucas grandezas são lidas, o tempo destinado à leitura dos transdutores poderia ser menor. Entretanto, devido à natureza das variáveis medidas neste ambiente (variáveis que não variam muito rapidamente), medições a cada dois segundos são suficientes. A figura 4.7 mostra o computador que gerencia a rede industrial em funcionamento, com sua interface que apresenta a carta psicrométrica. A figura 4.8 mostra a interface na qual os pontos são traçados em relação ao horário ao longo de um dia.

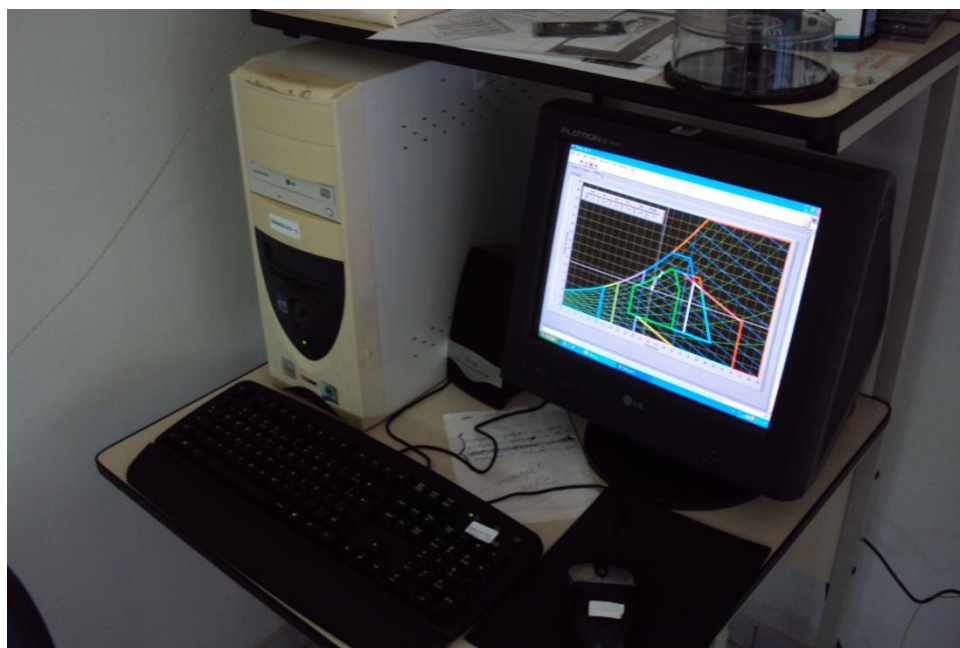


Figura 4.7 – Computador que gerencia os transdutores da rede industrial (interface da carta psicrométrica).

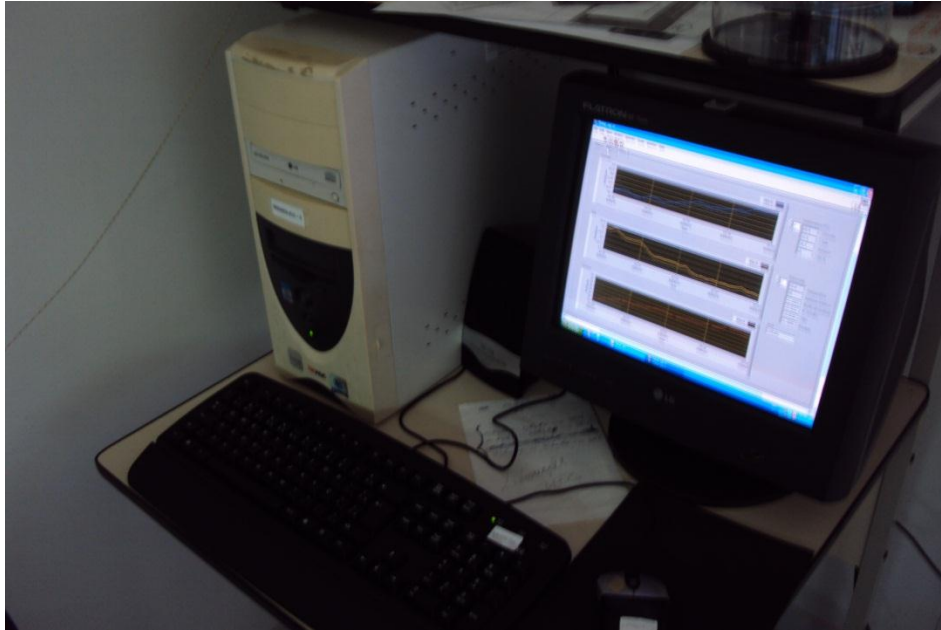


Figura 4.8 – Interface de gráficos diários em funcionamento.

4.2 – Exemplos de utilização do programa

A seguir, a título de exemplo de estudos que já podem ser feitos com o sistema de monitoração da edificação, são apresentadas medições realizadas no quadro geral da edificação e em um dos ambientes durante o primeiro semestre do ano de 2012. Espera-se que com o sistema de monitoração da edificação seja possível obter informações importantes a respeito da eficiência da edificação, através do relacionamento de dados de diferentes medições, facilitando estudos no laboratório.

O período de medição apresentado a seguir compreende os seis primeiros meses do ano de 2012 e correspondem os perfis de consumo do Laboratório de Energias Renováveis e Eficiência Energética do GEDAE, na Universidade Federal do Pará, localizado na cidade de Belém-PA, onde foram feitas medições de demanda e consumo de energia elétrica da edificação nos sistemas de iluminação, climatização e tomadas para demais equipamentos, e medições de temperatura interna e externa em um dos ambientes do laboratório. A partir das medições feitas no quadro, foi também estimada a produção do sistema fotovoltaico conectado à rede instalado na edificação, durante os meses considerados.

Os valores utilizados nos gráficos correspondem aos valores registrados a cada cinco minutos (período de integralização) das médias aritméticas dos pontos coletados a cada cinco segundos. As análises foram realizadas com base em um dia

típico para os referidos meses. O dia típico representa as médias dos instantes de cinco minutos relacionados a todos os dias do mês.

4.2.1 – Perfil de demanda por uso final das cargas do laboratório.

A figura 4.9 apresenta a porcentagem da demanda correspondente a cada tipo de circuito (iluminação, climatização e demais equipamentos) para o período considerado. Segundo as medições realizadas, observa-se que quase dois terços do consumo da edificação devem-se ao sistema de climatização. Deve-se ressaltar que a edificação utilizada como estudo de caso foi construída utilizando técnicas que aproveitam melhor a iluminação natural, de modo que a iluminação artificial é pouco utilizada durante o dia, resultando na pequena parcela, devido a sistemas de iluminação, no consumo total do laboratório.

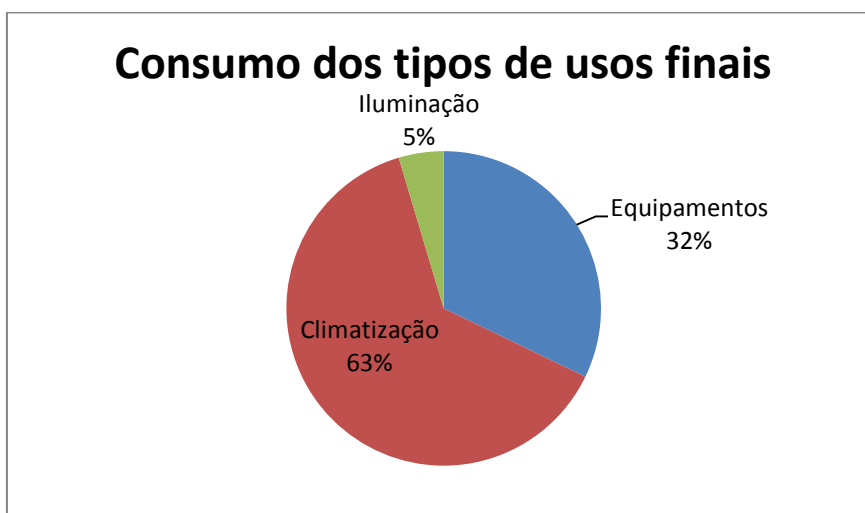


Figura 4.9 – Porcentagem atribuída a cada tipo de uso final durante o período considerado.

A figura 4.10 apresenta o perfil de demanda típico para cada tipo de uso final das cargas do laboratório (dividido em climatização, iluminação e equipamentos) e também a demanda total da edificação, que consiste na soma das demandas dos três tipos de cargas. Nota-se que a demanda de climatização é responsável por grande parte da demanda de energia do laboratório.

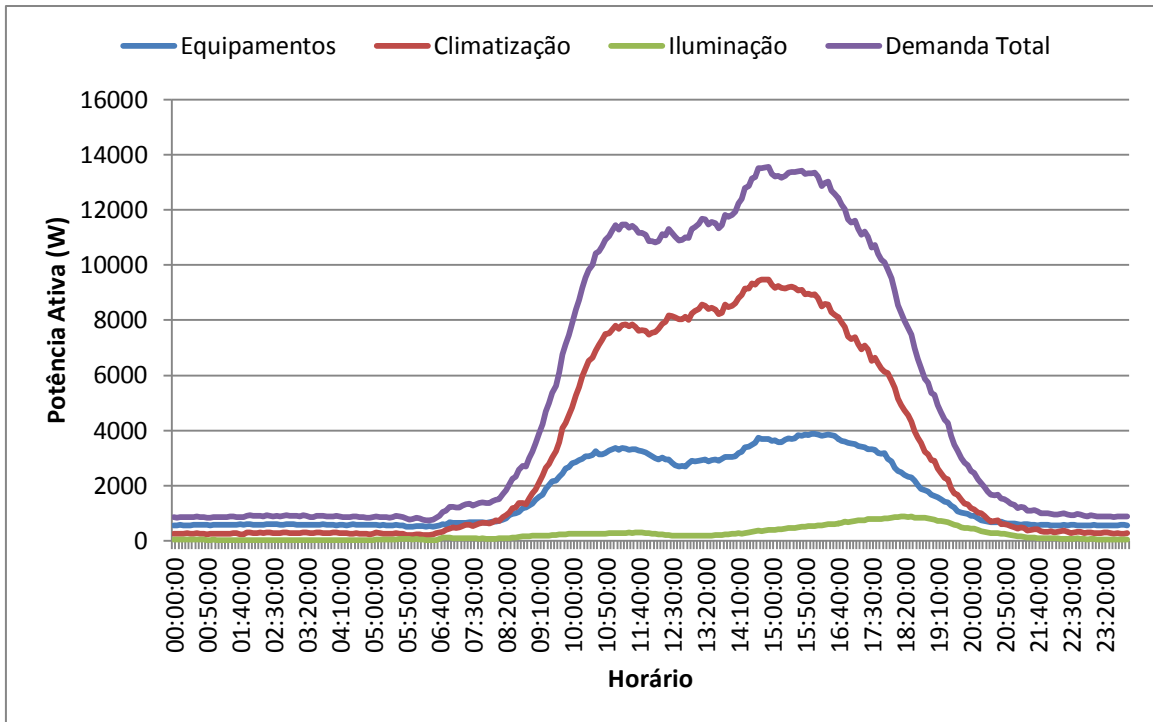


Figura 4.10 – Perfil típico para um dia médio do primeiro semestre de 2012.

A figura 4.11 apresenta o perfil de produção dos sistemas fotovoltaicos durante o período considerado. A curva da figura 4.10 foi obtida através dos procedimentos explicados anteriormente para estimativa da potência ativa gerada pelos sistemas fotovoltaicos, apresentando um perfil de curva com características comuns a sistemas de geração desse tipo.

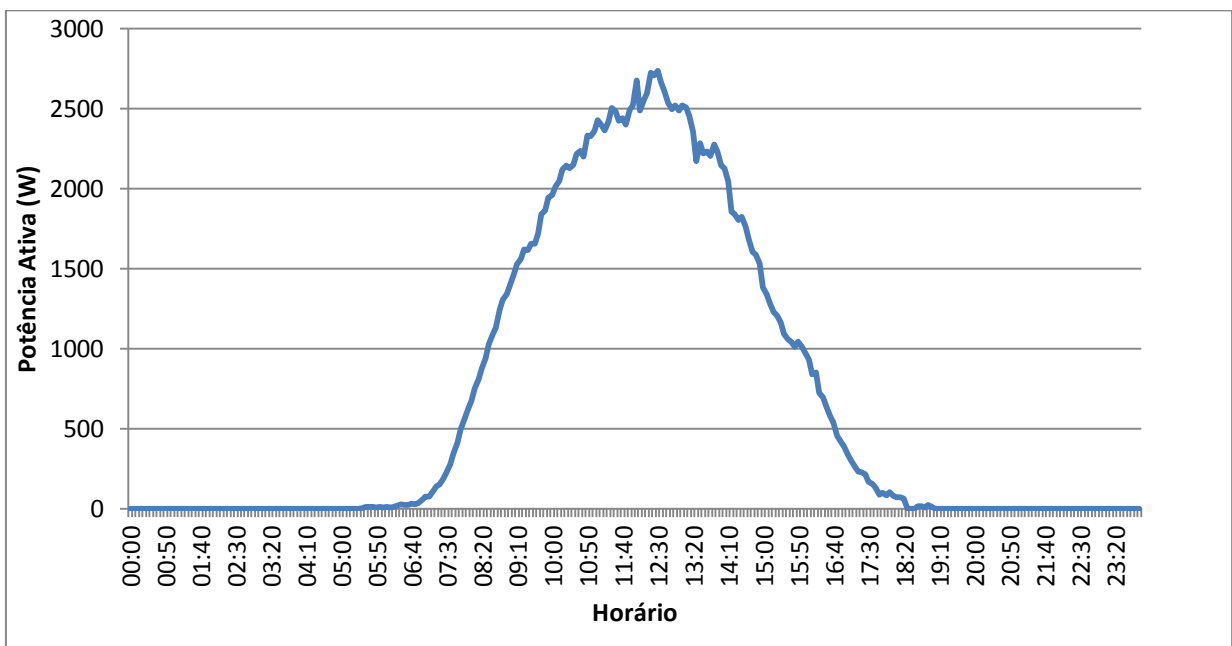


Figura 4.11 – Produção dos sistemas fotovoltaicos para o período considerado.

Quando os dados foram coletados, o Laboratório possuía dois sistemas fotovoltaicos (FV) conectados à rede instalados e em operação. O primeiro sistema é composto por um inversor de 1 kW e um gerador FV de 1,68 kWp, constituído por 21 módulos com potência nominal de 80 Wp cada um, todos conectados em série, instalados como prolongamento do telhado da edificação, orientados a 19° noroeste e inclinados de 14° com relação à horizontal. O segundo é constituído por um inversor de 2,8 kW e um gerador FV de 3,36 kWp, instalado no telhado da edificação, também orientado a 19° noroeste e inclinado de 14° com relação à horizontal e é composto de 28 módulos, cada um com potência nominal de 120 Wp, compondo duas fileiras de 14 módulos em série, conectados em paralelo. Atualmente o Laboratório possui três sistemas fotovoltaicos conectados à rede, além daqueles já referidos anteriormente, tendo sido incluído mais um sistema composto por um inversor de 1 kW e um gerador fotovoltaico de 1,76 kWp constituído de 22 módulos de 80 Wp cada, compondo duas fileiras de 11 módulos em série. A produção de energia do sistema durante o período em que a medição foi feita, juntamente com o seu rendimento global (*performance ratio* – PR) são apresentados na tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Produção medida dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede da edificação.

Mês	Produção (kWh)	Produtividade (kWh/kWp)	Irradiação (kWh/m ²)	PR(%)
Fevereiro	358,76	71,18	119,71	59,46
Março	467,03	92,66	132,55	69,91
Abril	495,34	98,28	135,52	72,52
Mai	612,49	121,53	148,57	81,80
Junho	536,59	106,47	136,55	77,97
Período total	2.470,22	490,12	672,89	72,84

Nota-se, a partir da tabela 4.1 que o sistema apresentou um rendimento global médio para o período de 72,84%. Este resultado condiz com valores típicos encontrados em campo para outros sistemas fotovoltaicos, como apresentado em (MACÊDO, 2006), onde o rendimento global de vários sistemas apresentou valores na faixa de 60 a 80%.

A figura 4.12 apresenta as medições de temperatura coletadas pelo sistema de monitoração da edificação no ambiente escolhido para o teste. As medições correspondem à temperatura interna e à temperatura externa próximo ao referido ambiente, e abrangem o período de março a junho de 2012. Nota-se que durante o

período de sete às dezenove horas, as medições de temperatura interna e externa apresentam uma maior diferença, que atinge o seu máximo nos horários de meio dia e treze horas. O ambiente em questão possui climatização artificial, mas esta geralmente é utilizada apenas a partir do início da tarde, pois durante grande parte da manhã, a ventilação natural é suficiente para a obtenção de conforto. Após o horário de almoço, além da temperatura elevada característica do clima da cidade de Belém, o fato de que a sala se encontrava anteriormente trancada por razões de segurança e com o aparelho de ar-condicionado desligado contribui para aumentar a sensação de desconforto. Em outros períodos, as curvas de temperatura são praticamente superpostas.

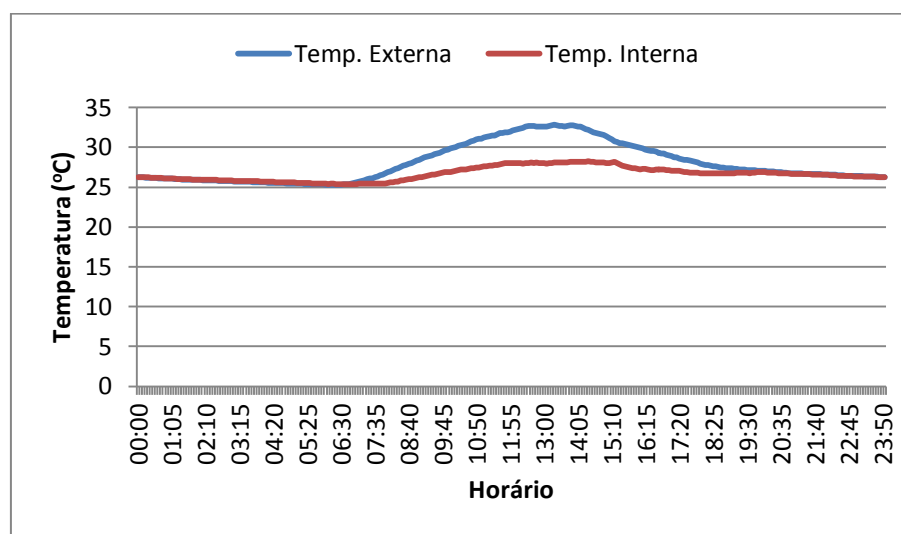


Figura 4.12 – Temperatura interna no ambiente de teste e temperatura externa próximo ao referido ambiente.

A partir do gráfico da figura 4.10 pode-se notar que durante o período da manhã, os aparelhos de ar condicionado são menos utilizados na edificação. Isto se deve à menor temperatura e também ao menor número de ocupantes no laboratório. Além disso, tomando como base o gráfico com as medições de temperatura interna e externa da sala selecionada para os testes da rede de medição, apresentado na figura 4.12, é observado que durante o período da tarde, os aparelhos de ar condicionados são mais necessários devido à inércia térmica da edificação. No caso desse ambiente, a taxa de variação da temperatura interna durante o período da tarde é pequena, apresentando uma variação um pouco maior próximo às quinze horas, horário em que o ar condicionado é algumas vezes ligado. A demanda de climatização atinge seus valores máximos próximo às quinze horas e possui uma elevação acentuada perto de dez horas da manhã,

horário em que a climatização artificial começa a se fazer necessária para que níveis adequados de conforto térmico sejam alcançados.

A demanda do sistema de tomadas para os demais equipamentos apresenta poucas variações entre 9 e 18 horas, exceto no horário de almoço, e a demanda por sistemas de iluminação apresenta uma elevação apenas a partir do final da tarde e durante a noite. Ressalta-se, entretanto, que durante o mês de janeiro haviam aparelhos de ar-condicionado ligados juntamente com os circuitos de tomadas para demais equipamentos. Desta forma, a curva referente a este mês, mostrada na figura 4.13, apresenta diferenças consideráveis em relação às curvas para os outros meses. As características de utilização das cargas comentadas podem ser visualizadas em quase todos os meses de medição tomados como exemplo, como mostram as figuras 4.14 a 4.18.

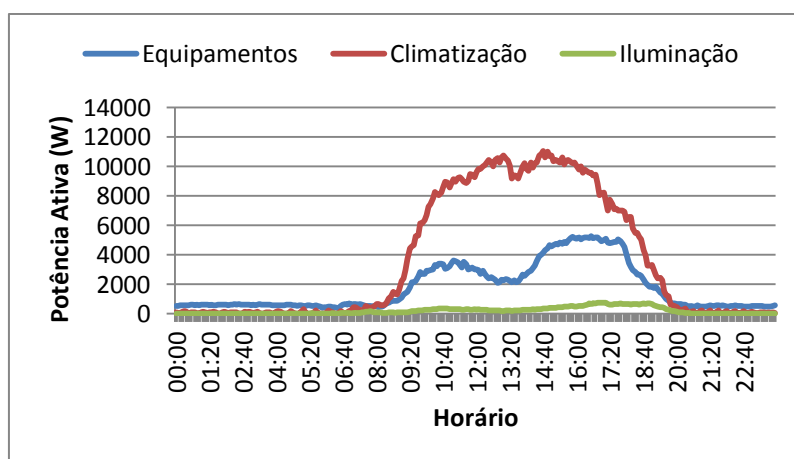


Figura 4.13 – Perfis de demanda por uso final para o mês de janeiro.

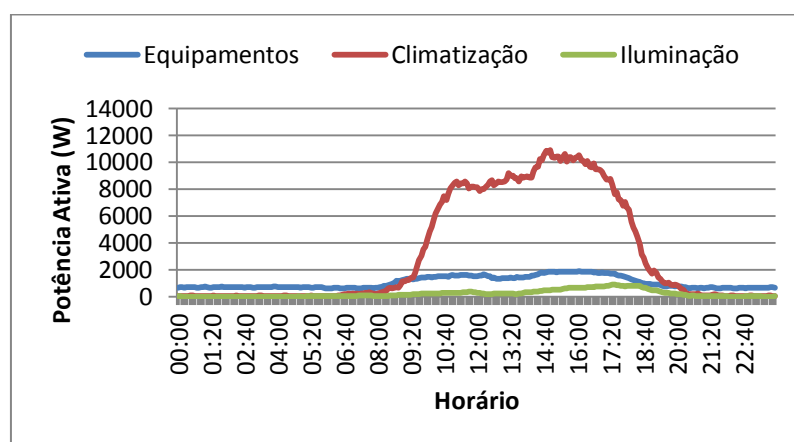


Figura 4.14 – Perfis de demanda por uso final para o mês de fevereiro.

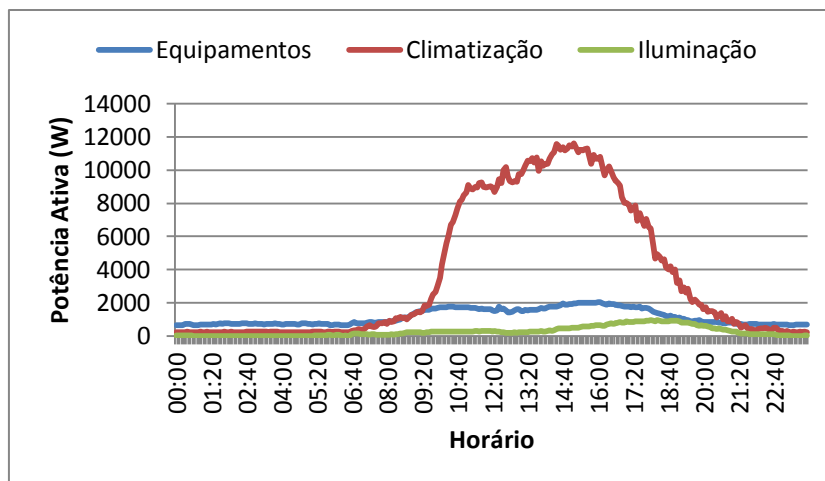


Figura 4.15 – Perfis de demanda por uso final para o mês de março.

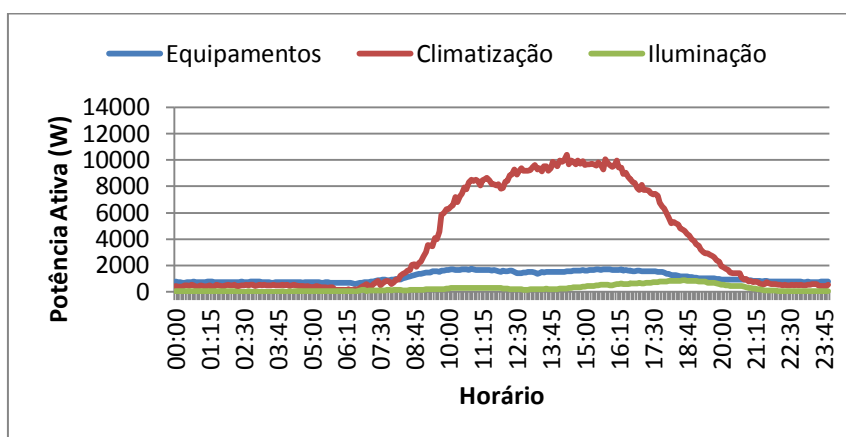


Figura 4.16 – Perfis de demanda por uso final para o mês de abril.

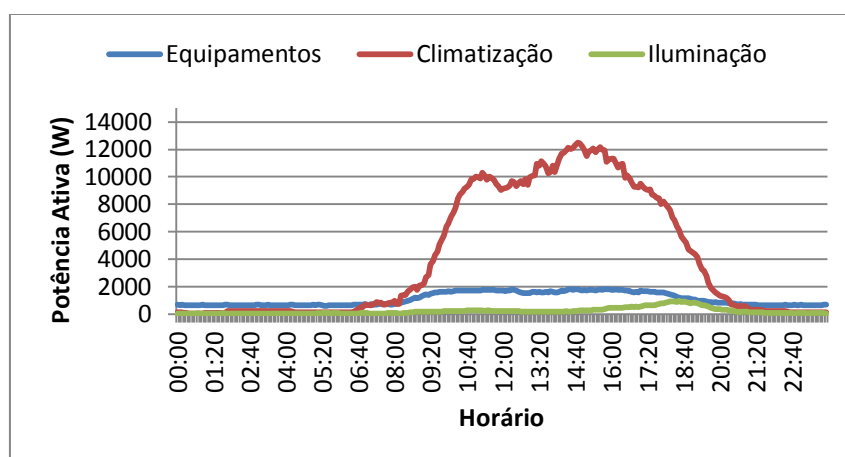


Figura 4.17 – Perfis de demanda por uso final para o mês de maio.

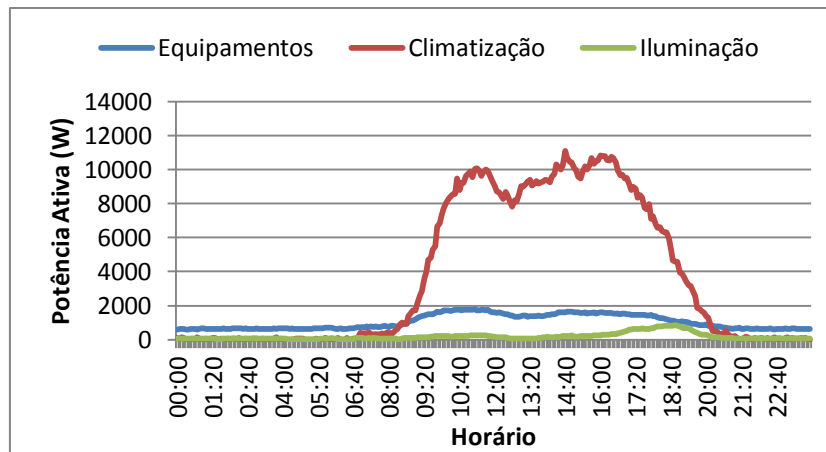


Figura 4.18 – Perfis de demanda por uso final para o mês de junho.

Vale ressaltar, entretanto, que os picos de temperatura e da produção do sistema fotovoltaico não coincidem com o pico da demanda de climatização, apresentando este último um deslocamento para a direita em relação aos outros dois perfis. Isto acontece porque no período em que a produção do sistema fotovoltaico e a temperatura são máximas, os usuários do laboratório encontram-se em horário de almoço. Dessa forma, há um menor número de pessoas ocupando as salas e alguns equipamentos de ar-condicionado desligados, resultando em uma diminuição da carga de climatização.

Também devem-se ressaltar os hábitos de consumo dos ocupantes da edificação, pois alguns usuários não costumam desligar os aparelhos de ar-condicionado após estes terem sido ligados, sendo desligados apenas ao final do expediente, e tampouco ajustar a temperatura do termostato do equipamento conforme a sensação de conforto térmico no respectivo ambiente.

Uma maior economia de energia poderia ser alcançada com o uso racional de energia por parte dos ocupantes da edificação. Entretanto, este uso racional da energia será mais eficaz se os integrantes do laboratório possuírem indicativos que os aparelhos de ar condicionado não são necessários em determinado momento. Um indicativo das condições de conforto nos ambientes é fornecido pelo sistema de monitoração através da carta psicrométrica, como mostrado na figura 4.19.

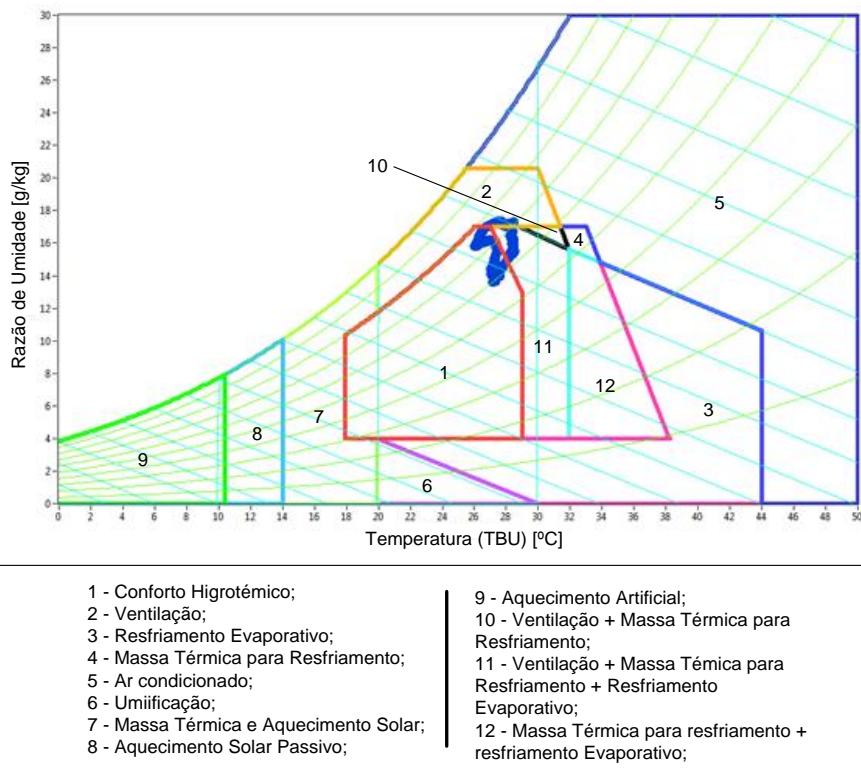


Figura 4.19 – Indicativo das condições de conforto no ambiente de teste.

A figura 4.19 apresenta um exemplo de utilização dos dados coletados pelo sistema de monitoração. Nela é mostrado um dia típico para as medições de temperatura e umidade abrangendo o período de 18/04/2012 a 30/06/2012 no ambiente selecionado para teste, pois anteriormente a este período, as medições de umidade relativa ainda não haviam sido instaladas nesse ambiente. Os pontos na carta representam as medições e dão uma noção de como elas se comportam, quando relacionadas ao conforto, durante o dia médio do período considerado. Para o dia médio apresentado na figura 4.19, os pontos encontram-se em uma área de fronteira entre as zonas 1, 2 e 11, mostrando que o ambiente apresenta pontos dentro da zona de conforto térmico e, mesmo os pontos que ficaram fora desta zona encontram-se próximos dela, mostrando que o ambiente em questão apresenta um bom desempenho térmico do ponto de vista do conforto. Além disso, os ocupantes de um determinado ambiente podem obter um indicativo de conforto constantemente, pois o programa de monitoração atualiza o gráfico da carta em sua interface a cada cinco minutos, um período razoável para medições de temperatura e umidade de um ambiente. A figura 4.20 apresenta os dias médios de temperatura e umidade relativa para o mesmo período considerado no gráfico com a carta psicrométrica.

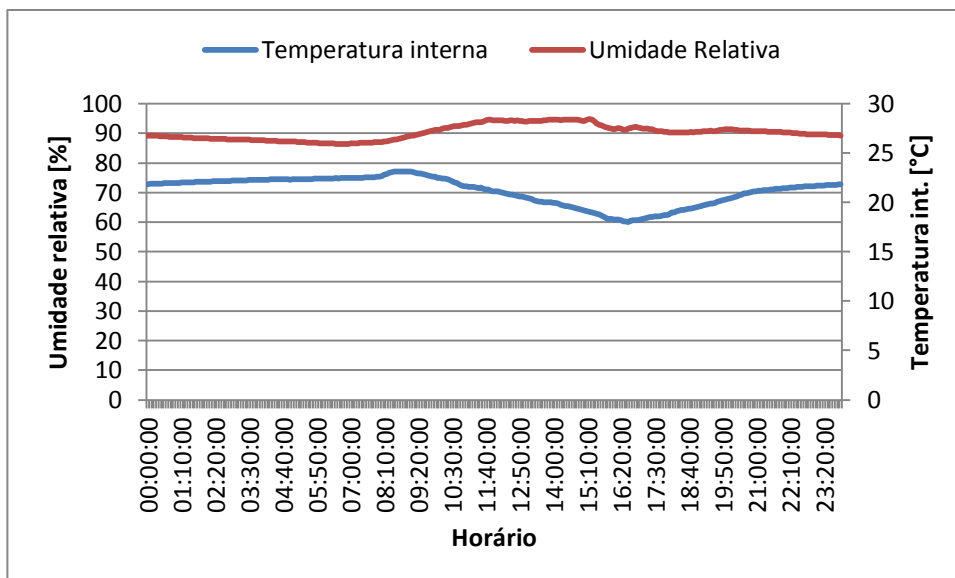


Figura 4.20 – Dia médio de temperatura e umidade relativa para o período de 18/04/12 a 30/06/12.

4.2.2 – Contribuição do sistema fotovoltaico para o consumo da edificação

A seguir são apresentados os gráficos da demanda de climatização e produção do sistema fotovoltaico para o período considerado. A figura 4.21 apresenta a contribuição do sistema fotovoltaico para a demanda da edificação nos referidos meses.

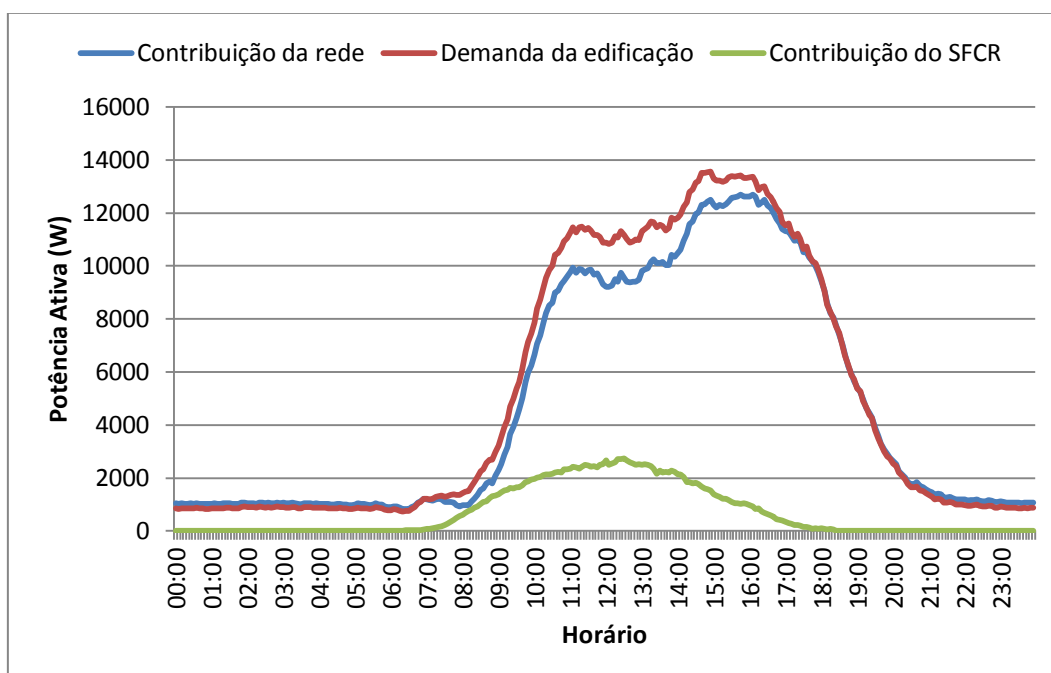


Figura 4.21 – Contribuição do sistema fotovoltaico na demanda da edificação.

A curva denominada “Contribuição da Rede” representa a demanda suprida à edificação pela concessionária de fornecimento de energia elétrica (medida pelo transdutor de energia instalado logo após o disjuntor de entrada no quadro geral de distribuição do laboratório). Há uma diferença da curva “Demanda da Edificação” nos períodos em que há produção do sistema fotovoltaico, já nos períodos em que não há produção do sistema fotovoltaico as duas curvas são coincidentes. A tabela 4.2 apresenta a contribuição percentual do sistema fotovoltaico conectado à rede durante os meses avaliados. Nela é constatado que o sistema foi capaz de suprir mais de 10% da demanda da edificação em todos os meses.

Tabela 4.2 – Contribuição do sistema fotovoltaico conectado à rede.

Mês	Consumo do dia médio (kWh)	Produção do SFCR no dia médio (kWh)	Contribuição (%)
Fevereiro	110,29	12,37	11,22
Março	123,66	15,07	12,18
Abril	122,36	16,51	13,49
Mai	132,01	19,76	14,97
Junho	119,43	17,89	14,98
Média	121,55	16,32	13,43

4.3 – Base de dados *on line*

Para tornar a utilização dos dados mais eficiente, necessita-se que o acesso aos mesmos seja simples e eficaz. Assim, os dados referentes às medições são enviados para a internet, de maneira a facilitar a disponibilidade dos mesmos. As figuras 4.22 e 4.23 apresentam as páginas criadas para que os usuários possam acessar as medições.



Figura 4.22 – Página de autenticação dos usuários.



Figura 4.23 – Seleção do ambiente para visualização das medições.

O acesso aos dados é disponibilizado apenas para os usuários do laboratório por meio de uma página de autenticação, e estes são hierarquizados, viabilizando a alguns mais permissões de acesso que a outros. Após a fase de autenticação, é apresentada para o usuário uma página com a planta do laboratório. Ao escolher um dos ambientes, os arquivos de medição diários das variáveis monitoradas neste ambiente são apresentadas. A figura 4.24 mostra o arquivo diário de medição no navegador da internet.

Data	Hora	Tensão AN (V)	Tensão BN (V)	Tensão CN (V)	Corrente A (A)	Corrente B (A)	Corrente C (A)	Frequência (Hz)	Potência ativa
17/06/2012	00:00:00	124,88	125,57	122,91	5,52	10,05	9,92	60,00	2652,35
17/06/2012	00:05:00	125,07	125,86	123,10	5,53	3,50	3,39	60,01	1266,12
17/06/2012	00:10:00	125,24	126,10	123,34	5,98	2,04	1,04	60,02	946,21
17/06/2012	00:15:00	125,22	126,11	123,45	6,12	2,01	0,00	60,02	879,07
17/06/2012	00:20:00	125,52	126,26	123,64	5,48	1,99	0,00	60,01	779,77
17/06/2012	00:25:00	125,47	126,27	123,59	5,45	1,98	0,74	60,01	834,33
17/06/2012	00:30:00	126,09	126,75	124,18	5,44	6,26	5,82	60,01	1881,49
17/06/2012	00:35:00	125,42	126,16	123,63	6,21	7,86	6,30	60,00	2229,43
17/06/2012	00:40:00	125,48	126,36	123,69	5,81	1,95	0,00	60,00	928,43
17/06/2012	00:45:00	125,44	126,25	123,62	5,44	1,95	0,00	60,00	771,90
17/06/2012	00:50:00	125,27	126,09	123,35	5,44	1,96	2,02	60,00	953,19
17/06/2012	00:55:00	125,02	125,86	123,19	5,69	1,96	0,35	60,00	828,39
17/06/2012	01:00:00	124,80	125,74	123,04	6,19	1,96	0,00	60,01	864,31
17/06/2012	01:05:00	124,77	125,43	122,94	5,64	8,77	7,73	60,00	2345,39
17/06/2012	01:10:00	125,05	125,80	123,20	5,40	3,97	4,92	60,02	1460,19
17/06/2012	01:15:00	125,07	125,95	123,23	5,39	0,00	0,83	60,01	675,89
17/06/2012	01:20:00	125,14	126,11	123,38	5,94	0,00	0,00	60,02	681,37
17/06/2012	01:25:00	125,24	126,22	123,48	6,03	0,00	0,00	60,02	696,74
17/06/2012	01:30:00	125,27	126,16	123,41	5,40	0,00	1,03	60,01	681,46
17/06/2012	01:35:00	125,30	126,19	123,44	5,41	0,00	1,60	60,00	737,21
17/06/2012	01:40:00	125,36	126,00	123,55	5,41	8,89	8,29	60,00	2422,72
17/06/2012	01:45:00	125,40	126,24	123,68	6,19	4,20	2,61	60,01	1394,18
17/06/2012	01:50:00	125,60	126,44	123,90	5,79	2,00	0,00	60,01	842,31
17/06/2012	01:55:00	125,67	126,45	123,90	5,39	1,99	2,12	60,01	966,63
17/06/2012	02:00:00	125,62	126,32	123,95	5,38	1,97	0,14	60,01	784,84
17/06/2012	02:05:00	125,74	126,68	124,15	5,65	1,97	0,00	60,01	816,50
17/06/2012	02:10:00	125,72	126,69	124,16	6,11	1,96	0,00	60,00	883,51
17/06/2012	02:15:00	125,89	126,81	124,28	5,93	1,95	1,70	60,01	939,50
17/06/2012	02:20:00	126,04	126,67	124,42	5,96	11,22	10,12	60,03	2931,71
17/06/2012	02:25:00	126,08	126,96	124,53	6,35	2,14	0,52	60,01	814,54
17/06/2012	02:30:00	126,14	127,06	124,61	5,87	1,94	0,00	60,02	846,12
17/06/2012	02:35:00	126,16	127,13	124,63	6,00	1,94	0,87	60,02	935,44
17/06/2012	02:40:00	126,32	127,17	124,74	5,94	1,94	1,55	60,01	900,94
17/06/2012	02:45:00	126,37	127,29	124,76	5,33	0,13	0,00	60,00	611,81
17/06/2012	02:50:00	125,98	126,97	124,37	5,96	0,00	0,00	60,00	605,12
17/06/2012	02:55:00	125,88	126,87	124,33	6,10	0,00	0,00	60,01	712,61
17/06/2012	03:00:00	125,99	126,75	124,36	5,80	8,33	8,90	60,01	2582,76

Figura 4.24 – Medições em um navegador da internet em um dos ambientes, referente a um dia de medição.

Atualmente, o servidor funciona apenas como um concentrador de dados para as medições coletadas na edificação. Entretanto, objetiva-se a criação de uma página dinâmica para visualização de gráficos das medições pela própria interface do

navegador. A página também será destinada à publicação de dados provenientes de projetos em parceria com outras instituições.

CONCLUSÕES

A monitoração e a avaliação da edificação do Laboratório de Energias Renováveis e Eficiência Energética do GEDAE é um passo inicial para o desenvolvimento de estudos sobre as contribuições (redução do consumo de energia com cargas de climatização e iluminação) desses tipos de edificações na Região Norte do País. Logo, seus resultados servem para suprir uma lacuna de informações sobre edificações deste tipo nessa região. A monitoração contínua do cotidiano do laboratório pode fornecer dados importantes para o desenvolvimento de trabalhos voltados para a área de eficiência energética em edificações e sistemas de geração integrados a estas.

A criação de uma base de dados unificada em um servidor na internet para as medições realizadas no laboratório, com instantes de armazenamento sincronizados entre módulos de medição, deve facilitar o tratamento das variáveis medidas, a fim de se obter conhecimento em quantidade suficiente a respeito do desempenho do ambiente construído, quando da aplicação de técnicas de arquitetura bioclimática, e averiguar quais dessas estratégias são mais adequadas à região em estudo, para minimização de desperdícios, propiciando maior eficiência energética e menor impacto da edificação no meio ambiente. Além disso, a publicação dos dados na internet contribui para a acessibilidade às medições por parte dos pesquisadores do laboratório e também para a divulgação das atividades realizadas na edificação por meio da construção de páginas dinâmicas para a visualização das medições.

O sistema ainda encontra-se em uma fase preliminar de desenvolvimento e implantação, pois ajustes ainda precisam ser feitos para garantir a otimização do seu funcionamento e a sua robustez. Além disso, ressalta-se que o sistema monitora ainda uma pequena parte da edificação. Os módulos do programa computacional estão sendo implementados gradualmente, à medida que são adquiridos novos sensores/transdutores e demais instrumentos de medição. Contudo, a modularidade do sistema permite que novos sensores sejam inseridos a este, com poucas modificações no sistema pré-existente.

O estabelecimento de procedimentos padrão e estratégias para a operação do sistema de monitoração da edificação é essencial para flexibilizar o funcionamento do mesmo. A adoção de convenções para o armazenamento das medições e modularidade

na programação dos códigos entre as etapas da aquisição dos dados facilita o desenvolvimento de um sistema expansível.

As ferramentas de análise *off-line* foram programadas para oferecerem suporte à inclusão de novas medições, sem alterações no código fonte do programa, desde que os arquivos de medição dessas novas medições respeitem os padrões convencionados.

O programa para apresentação das medições permite que novos módulos de análise possam ser programados para funcionarem em conjunto com o sistema de apresentação de dados preexistente, proporcionando aos usuários da edificação a personalização do uso do sistema de monitoração. Isto foi feito para que este possa atender ao caráter multidisciplinar das atividades desenvolvidas na edificação. Além disso, a criação de uma ferramenta para a geração de relatórios personalizados a partir dos arquivos de medição ajuda os usuários do Laboratório a manipular uma grande quantidade de dados de maneira mais fácil, permitindo uma análise rápida sobre um período de medição desejado, ou mesmo, a seleção de quais arquivos de medição se deseja analisar.

As ferramentas *on-line* são utilizadas para fornecer um indicativo das variáveis monitoradas em tempo real para os integrantes do Laboratório. Espera-se que o módulo de monitoração do conforto ambiental possa ser utilizado em todos os ambientes do prédio, para fornecer aos usuários desses ambientes um indicativo das condições de conforto a qualquer momento.

O estudo apresentado neste trabalho, sobre a relação entre a produção do sistema fotovoltaico e o aumento da demanda de climatização, abordou apenas de maneira preliminar as possibilidades de estudos advindos dos dados do sistema de monitoração. Espera-se que com indicativos a respeito do consumo de energia e das condições de conforto dos ambientes da edificação seja possível otimizar a utilização das cargas do Laboratório, principalmente aquelas voltadas para climatização dos ambiente.

Os testes realizados no sistema de monitoração durante o estudo abordado neste trabalho mostraram que os dados obtidos estão condizentes com o esperado. Para o caso do quadro da edificação, observa-se que o somatório das medições dos

transdutores de energia por utilização final é igual à medição do transdutor instalado na entrada do quadro de distribuição da edificação nos momentos em que não há produção do sistema fotovoltaico. Nos momentos em que há produção dos sistemas fotovoltaicos, a mesma comparação entre as medições dos transdutores revela um perfil semelhante àquele esperado para sistemas fotovoltaicos, com o pico de sua produção ocorrendo por volta das 12 horas. As medições de temperatura revelam uma medição coerente com os valores esperados. Nota-se que os picos de temperatura são medidos no período de 12 às 14 horas.

Além das variáveis relacionadas com o consumo e com as condições de conforto da edificação, os quais receberam destaque neste trabalho, objetiva-se também a realização de outros tipos de estudos, como a avaliação da qualidade da energia elétrica utilizada pelo Laboratório, por meio da monitoração de grandezas como tensão, corrente, e suas respectivas distorções harmônicas totais e individuais, demanda de potência ativa, fator de potência e potência reativa. Desta forma a base de dados e os programas para análise dos dados do sistema de monitoração formam o suporte para estudos mais específicos possam ser realizados pelos integrantes do Laboratório em suas áreas de atuação.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como possíveis trabalhos futuros sugerem-se:

- Inserção de mais módulos para a monitoração da edificação;
- Inserção de novas possibilidades, como visualização em tempo real dos dados monitorados em computadores remotos;
- Aumento da robustez dos subsistemas de monitoramento em relação a possíveis erros, para que estes não interrompam sua monitoração devido a eventuais falhas que podem ocorrer;
- Melhora da página na internet para publicação dos dados, visualização e análise dos dados monitorados;
- Aplicação de técnicas de mineração de dados na base de dados obtida a partir da monitoração;
- Implementação de segurança ao acesso dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, H. M. C. **Projeto de uma Edificação Autônoma e Energeticamente Eficiente para Uso como Laboratório de Energias Renováveis e Eficiência Energética**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, UFPA, Belém-PA. 2004.
- ALBUQUERQUE, P. U. B. **Redes Industriais – Aplicações em Sistemas Digitais de Controle Distribuído**. São Paulo. Ensino Profissional. 2009.
- ANEEL, **Procedimentos de Distribuição: Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição**. Acessado em 20/8/2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=82>. 2012a.
- ANEEL, **Resolução Normativa N° 482**. Acessado em 7/5/2012 Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. 2012b.
- ASHRAE, **Handbook of Fundamentals**. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning. New York. I-P edition. 1993.
- BITTER, R., MOHIUDDIN, T., NAWROCKI, M.. **LabVIEW: Advanced Programming Techniques**. Florida, Estados Unidos. CRC Press. 2007.
- BOLTON, W. **Mecatrônica – Uma Abordagem Multidisciplinar**. São Paulo. Bookman. 2008.
- BRITO, A. U. **Estudos de Edificações Energeticamente Autônomas e Eficientes**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, UFPA, Belém-PA. 2002.
- CARVALHO, L. A. C. **Data Mining – A Mineração de Dados no Marketing, Medicina, Economia, Engenharia e Administração**. Rio de Janeiro. Ciência Moderna Ltda. 2005.
- CASTRO, M. A. L. **Proposta de Regulação de Geração Distribuída de Pequeno Porte Conectada na Rede de Distribuição**. Apresentação no Workshop Sobre Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede da ABENS. São Paulo.

Acessado em 10/5/2012. Disponível em: <http://www.ufpa.br/inct-ereea/PalestraMarcoAurelio.pdf>. 2011.

DEITEL, P. J., DEITEL, H. M. **Internet and World Wide Web – How to Program**. Quarta edição. New Jersey. Pearson. 2008.

ELETROBRAS. **Avaliação do Mercado de Eficiência Energética do Brasil** – sumário executivo. 2005.

ELETROBRAS. **Guia de Medição e Verificação**. Acessado em 8/7/2012. Disponível em: <http://www.eletrobras.com/pci/main.asp?View={5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98}&Team=¶ms=itemID={3C249AE7-FF06-40C4-84B7-A96ED5AE66CE};&UIPartUID={05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18}>. 2007 b.

ELETROBRAS. **Programa de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) Edificações**. Página na internet. Acessado em 3/4/2012. Disponível em <http://www.eletrobras.com/elb/procel/main.asp?TeamID=%7BA8468F2A-5813-4D4B-953A-1F2A5DAC9B55%7D>. 2012.

ELETROBRAS. **Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil**. Apresentação. Acessado em 22/8/2012. Disponível em: <http://www.eletrobras.com/pci/main.asp?View={5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98}&Team=¶ms=itemID={726E91D1-882A-47C5-9358-F32598E99851};&UIPartUID={05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18}>. 2007 a.

ELETROBRAS. **Etiquetagem de Eficiência Energética em Edificações – Volume 1**. 2009.

ELETROBRAS. **Resultados do Procel 2012 – Ano Base de 2011**. 2012.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort**. New York. McGraw-Hill Book Company. 1973.

GALHARDO, M. A. B., MANITO, A. R. A., AGUILAR, H. M. C., PINHO, J. T. **Software para Monitoramento de uma Edificação Eficiente**. III CBEE – Congresso Brasileiro de Eficiência Energética. Belém, 2009.

- GILMORE, W. J. **Dominando PHP e MySQL do Iniciante ao Profissional**. Alta Books. 2010.
- GIVONI, B. **Comfort, Climate Analysis and Building Design Guidelines**. Energy and Building. Vol 18, Londres. 1992.
- GOLDSCHMIDT, R., PASSOS, E. **Data Mining – Um Guia Prático**. Rio de Janeiro. Elsevier. 2005.
- HAN, J., PEI, M. K. J. **Data Mining Concepts and Techniques**. Elsevier. 2012.
- HEUSER, C. A. **Projeto de Banco de Dados**. Porto Alegre. Bookman. 2009.
- IBAM/ELETROBRÁS/PROCEL. **Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica**. 2002.
- INMETRO. **Vocabulário Internacional de Metrologia – Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos Associados**. 2012.
- IPEADATA. **Consumo de Energia Elétrica**. Acessada em 5/9/2012. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/>
- KRON MEDIDORES. **Conceitos básicos de RS 485 e RS 422**. Apostila. Acessado em 3/6/2012. Disponível em: www.kronweb.com.br/download2.php?id=353. 2008.
- KUROSE, J. F., ROSS, K. W. **Redes de Computadores e a Internet – Uma Abordagem Top Down**. São Paulo. Pearson. 2010.
- LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo. PW Gráficos e Editores Associados Ltda. 1997.
- LEED. **Rating Systems**. Acessado em 26/2/2012. Disponível em: <https://new.usgbc.org/leed/rating-systems>. 2012
- MACÊDO, W. N. **Análise do Fator de Dimensionamento do Inversor Aplicado a Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2006.

- MACKAY, S., WRIGHT, E., REYNDERS, D., PARK, J.. **Practical Industrial Data Networks: Design, Installation and Troubleshooting.** Oxford. Elsevier. 2004.
- MANITO, A. R. A. **Sistema de Monitoramento Energético de uma Edificação Eficiente.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém-PA. 2009.
- MANITO, A. R. A., GALHARDO, M. A. B., FIGUEIREDO., G. P. F., VASCONCELOS., F. M. V., MACÊDO., W. N., PINHO, J. T. **Desenvolvimento de um Sistema de Aquisição de Dados para Monitoração de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede.** III CBENS – Congresso Brasileiro de Energia Solar. Belém, 2010.
- MANITO, A. R. A., GALHARDO, M. A. B., MACÊDO, W. N., PINHO, J. T. **Avaliação da contribuição de um SFCR para Minimização de Demanda de Climatização Artificial.** IV CBENS – Congresso Brasileiro de Energia Solar. São Paulo. 2012.
- MORE, J. F. A. **Monitoring Building Structures.** Glasgow. Blackie and Son Ltd. 1992.
- NATIONAL INSTRUMENTS. **Sistemas Distribuídos de Monitoração e Controle com LabVIEW.** Arquivo em PDF. Acessado em 2/3/2012. Disponível em: <http://www.ni.com/white-paper/3062/pt>. 2012.
- PANWAR, S.S., MAO, S., RYOO, J., LI, Y. **TCP/IP Essentials – A Lab Based Approach.** New York. Cambridge University Press. 2004.
- PARK, J., MACKAY, S.. **Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems.** Oxford. Elsevier. 2003.
- ROBBINS, J. N. **Aprendendo Web Design.** Bookman. 2010.
- SMITH, P.r F. **Eco-Refurbishment: a Guide to Saving and Producing Energy in the Home.** Oxford. Elsevier. 2004.

WALKER, I. R. **Reliability in Scientific Research – Improving the Dependability of Measurements, Calculation, Equipment and Software.** New York. Cambridge University Press. 2011.

WARBURTON, P., KOSTURA, Z.. **Toward Energy Efficient Building Worldwide.** CTBUH Journal. p. 8-13. 2007.

WHEELER, A. J., GANJI, A. R. **Introduction to Engineering Experimentation.** Terceira edição. New Jersey. Pearson. 2010.

APÊNDICE

RELATÓRIO GERADO AUTOMATICAMENTE PELO PROGRAMA DE
GERAÇÃO DE RELATÓRIOS

Demanda de Climatização da Edificação



Relatório referente ao período de 10/04/2012 a 10/05/2012

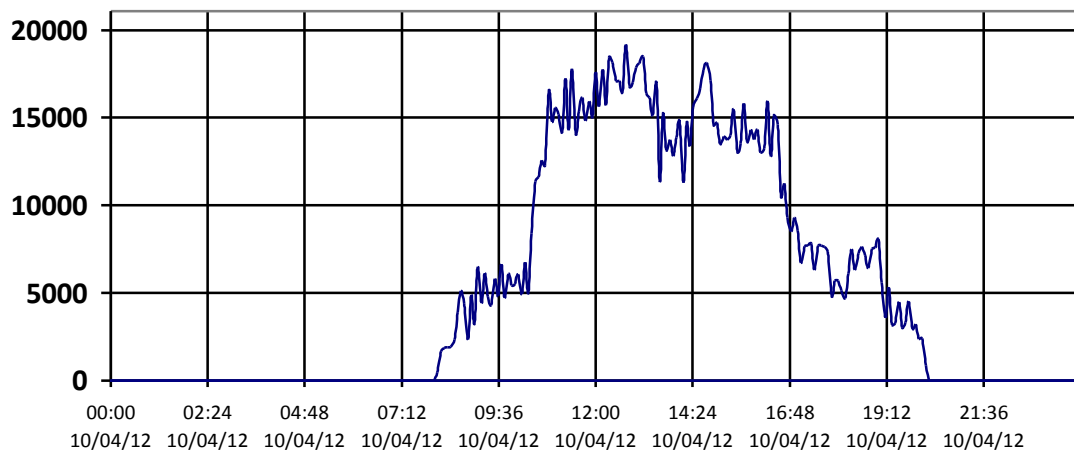


Figura 1 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 10/04/2012

Tabela 1 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 10/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
19.165,320	0,000	5.243,796	6.408,762

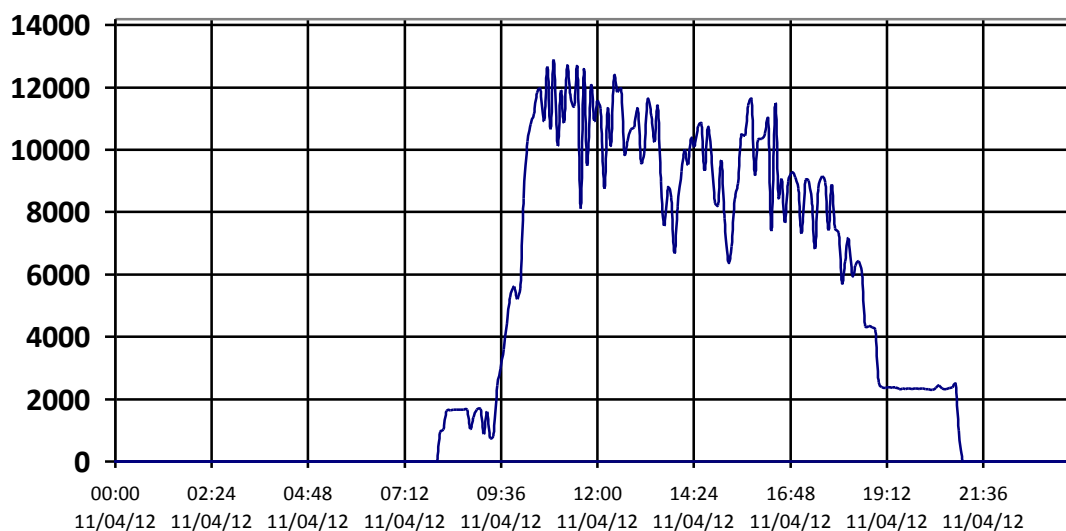


Figura 2 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 11/04/2012

Tabela 2 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 11/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
12.898,280	0,000	3.880,926	4.530,660

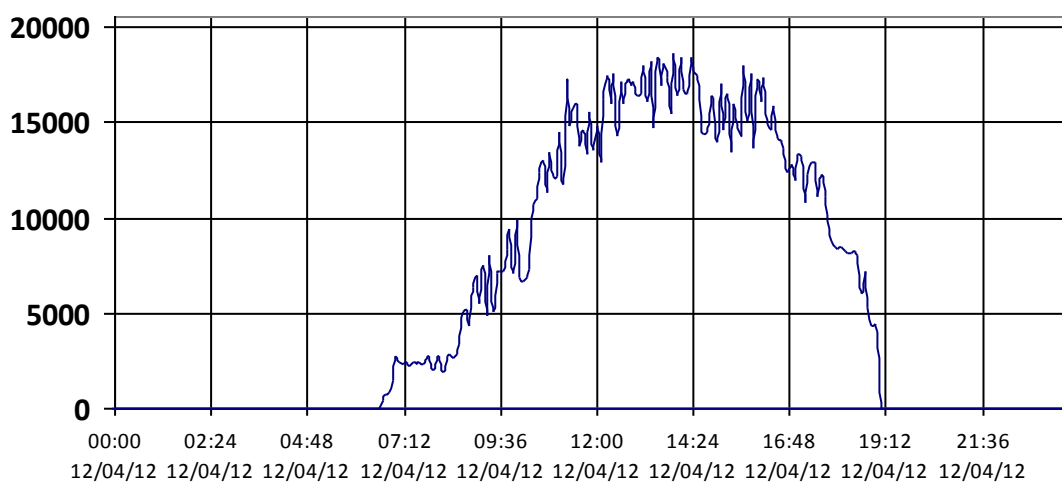


Figura 3 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 12/04/2012

Tabela 3 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 12/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
18.666,810	0,000	5.686,169	6.742,452

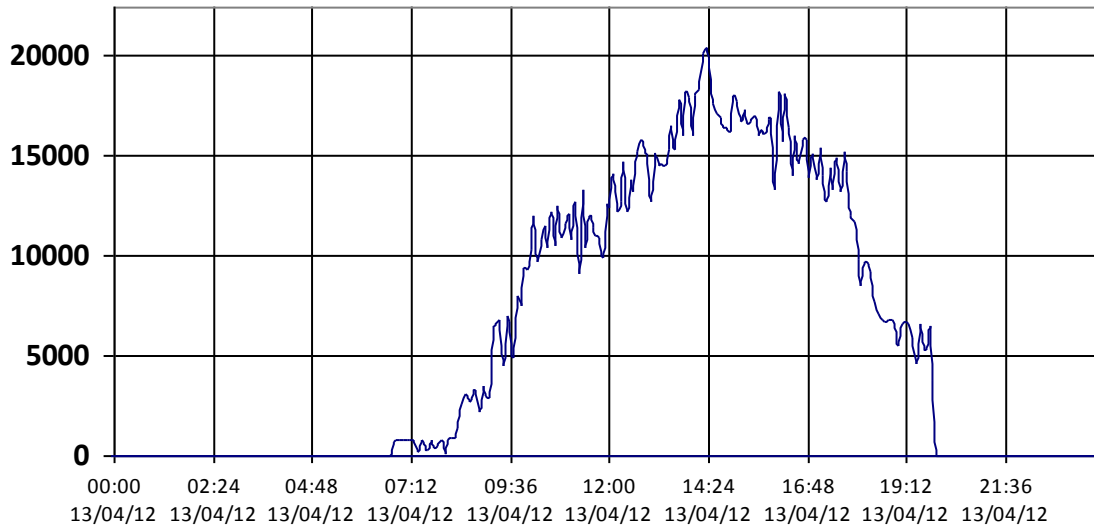


Figura 4 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 13/04/2012

Tabela 4 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 13/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
20.394,000	0,000	5.762,443	6.732,263

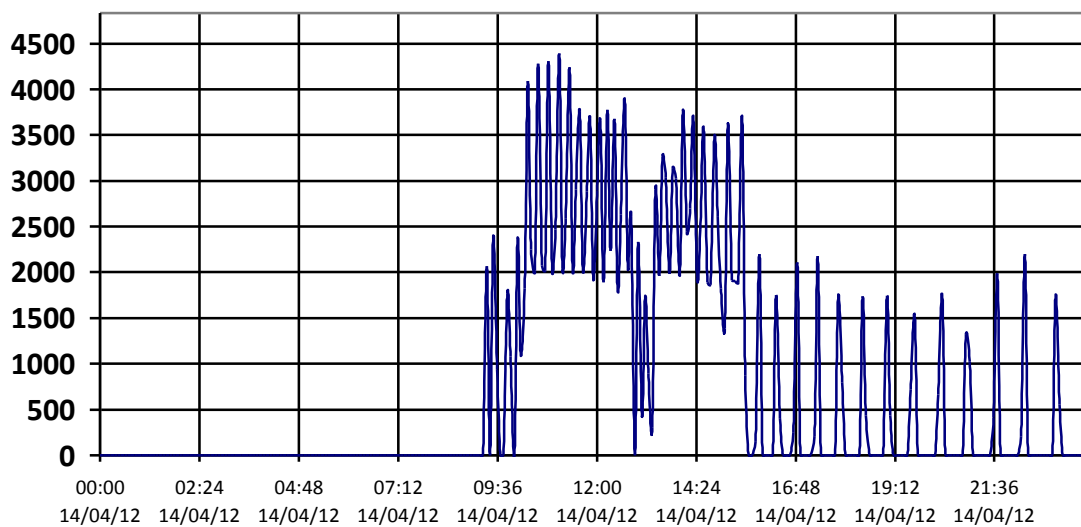


Figura 5 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 14/04/2012

Tabela 5 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 14/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
4.394,200	0,000	728,208	1.190,499

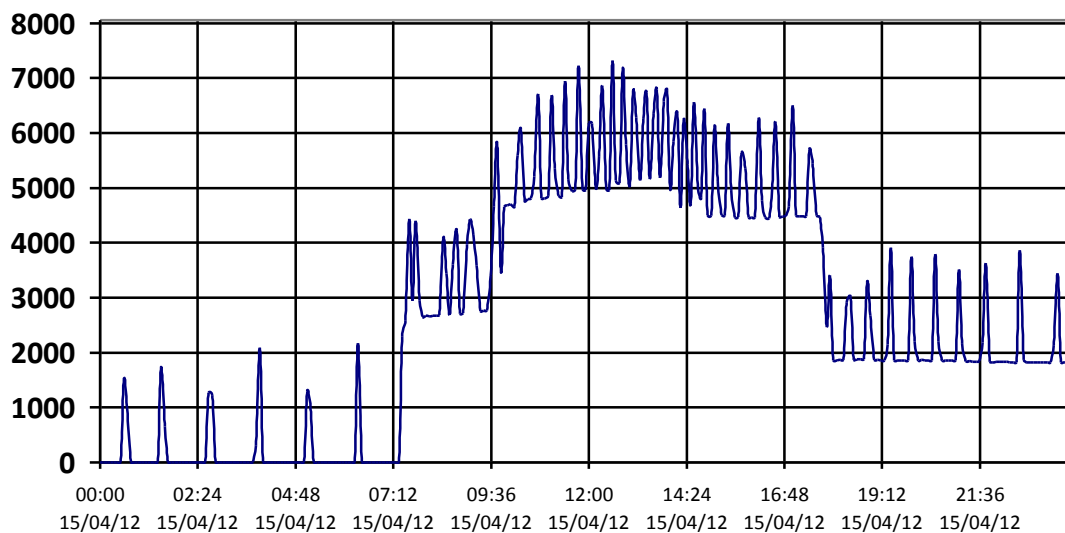


Figura 6 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 15/04/2012

Tabela 6 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 15/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
7.323,040	0,000	2.712,664	2.217,430

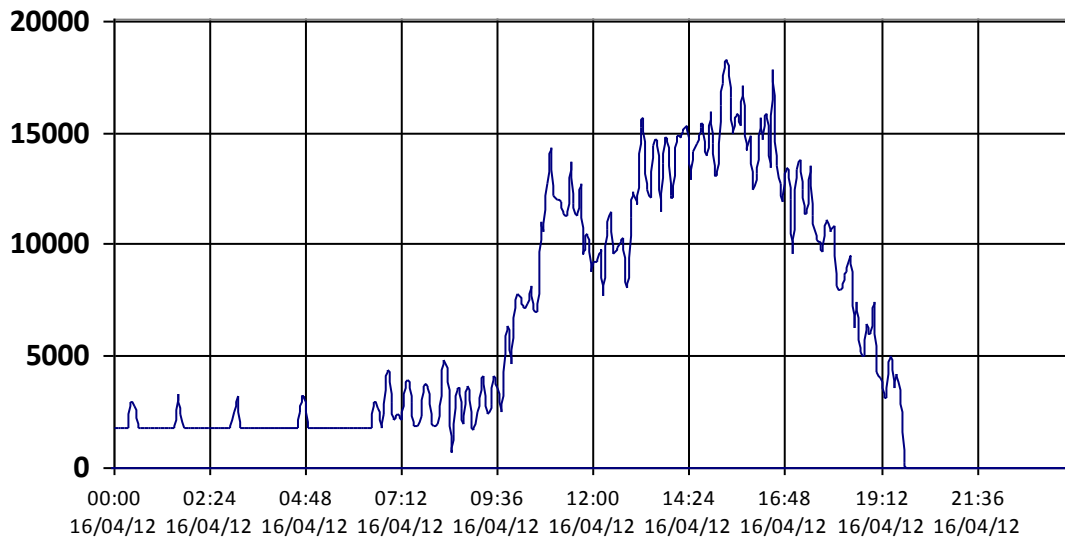


Figura 7 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 16/04/2012

Tabela 7 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 16/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
18.243,730	0,000	5.894,274	5.330,042

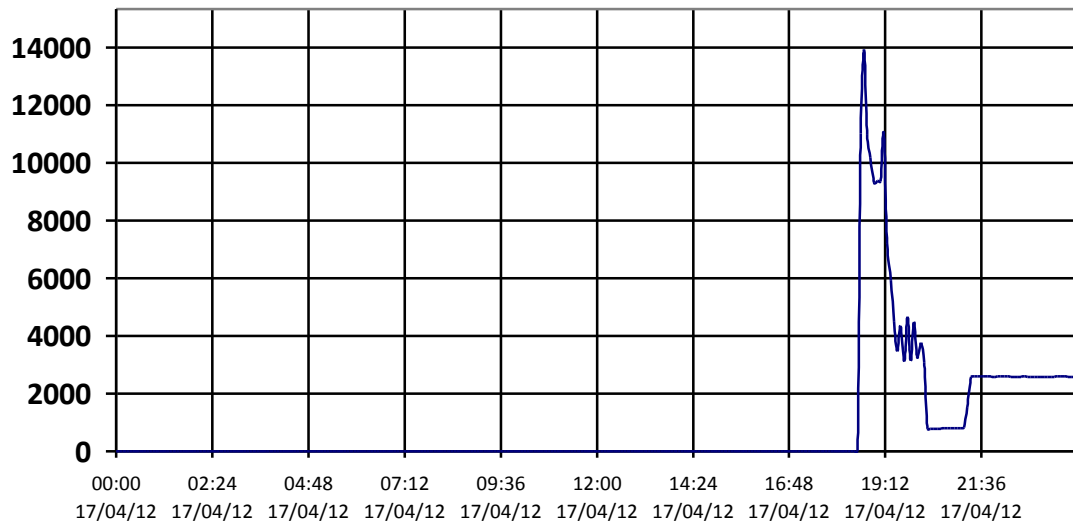


Figura 8 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 17/04/2012

Tabela 8 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 17/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
13.941,670	773,490	3.540,645	2.979,446

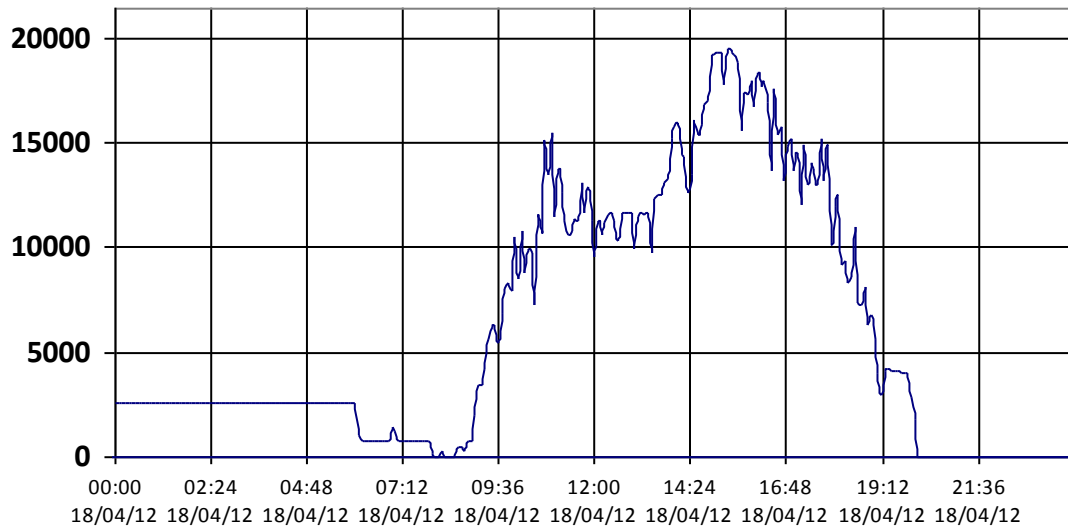


Figura 9 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 18/04/2012

Tabela 9 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 18/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
19.457,660	0,000	6.075,104	6.007,271

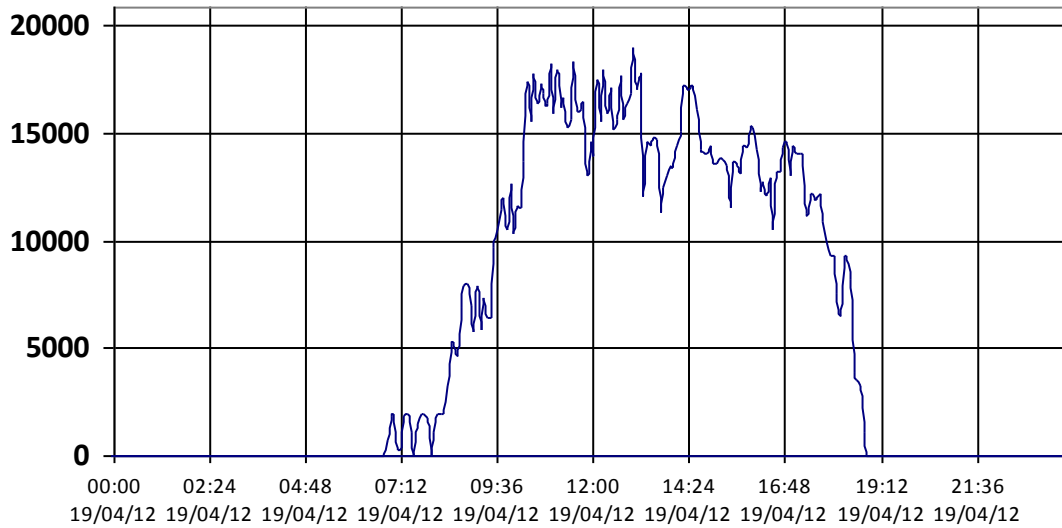


Figura 10 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 19/04/2012

Tabela 10 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 19/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
18.983,610	0,000	5.705,732	6.823,484

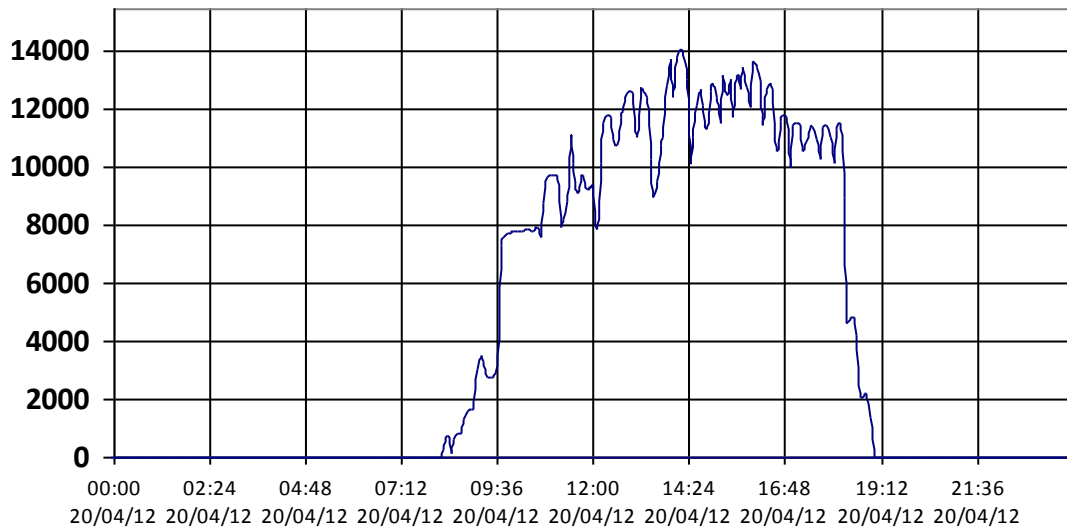


Figura 11 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 20/04/2012

Tabela 11 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 20/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
14.055,140	0,000	4.142,164	5.273,996

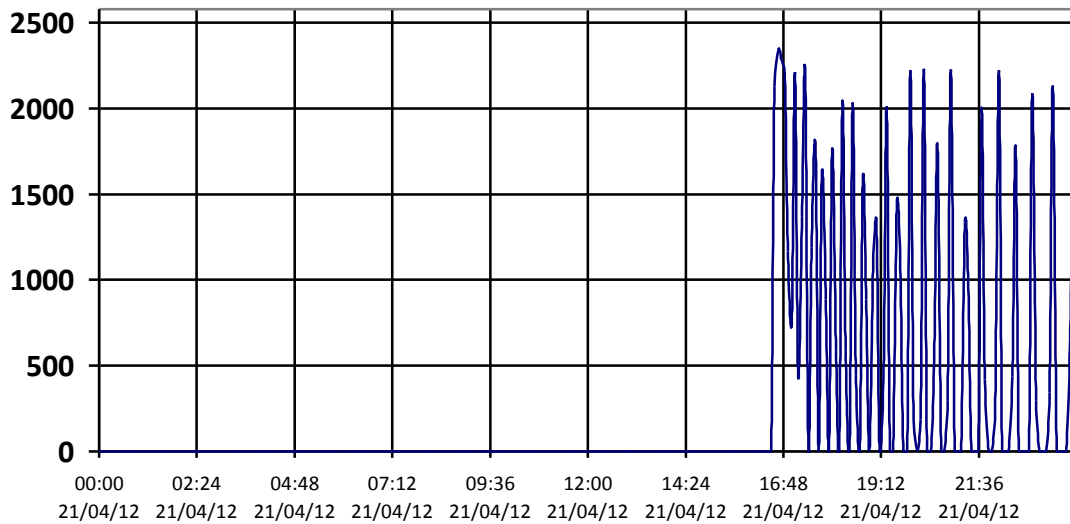


Figura 12 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 21/04/2012

Tabela 12 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 21/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
2.344,660	0,000	231,497	590,057

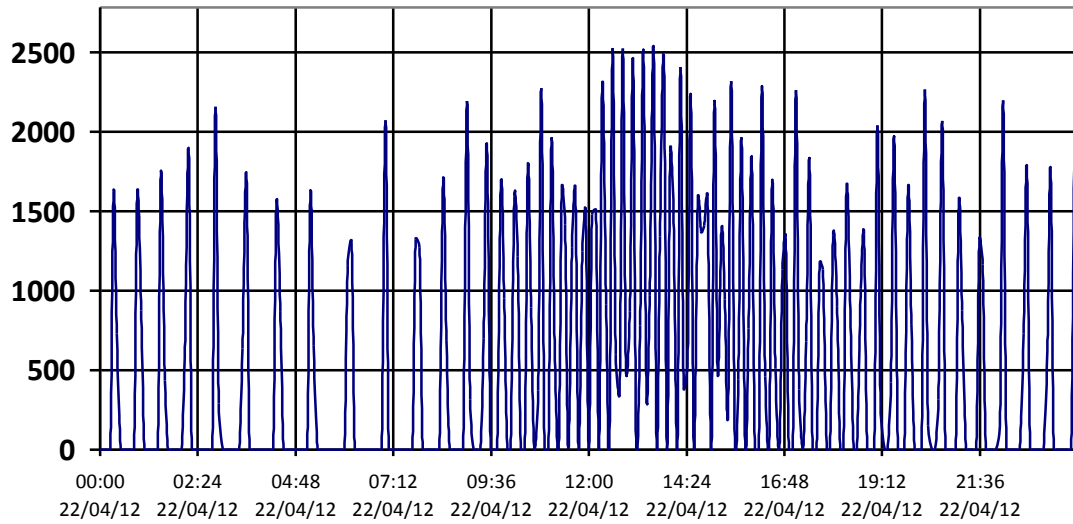


Figura 13 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 22/04/2012

Tabela 13 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 22/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
2.530,540	0,000	549,292	779,080

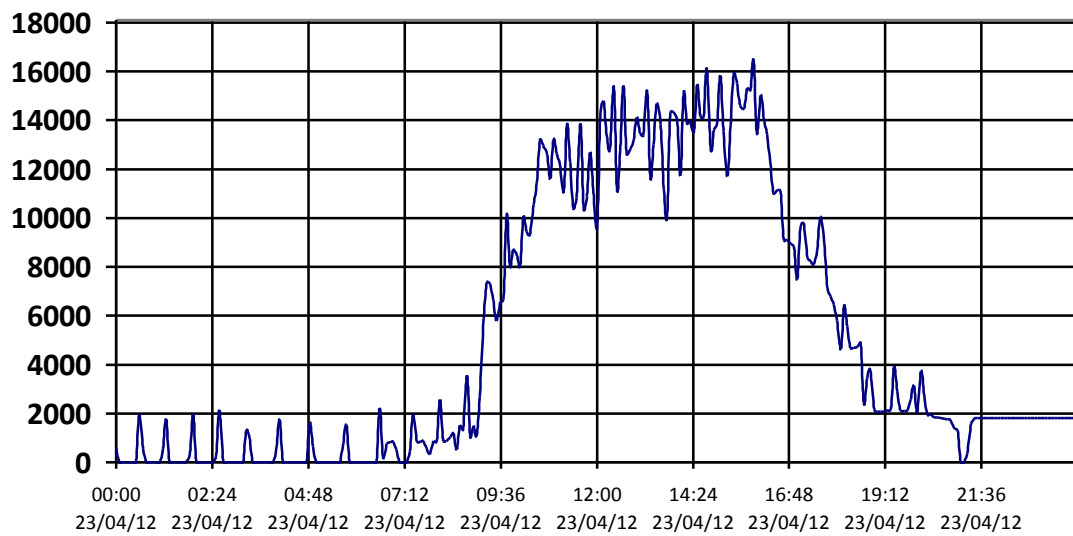


Figura 14 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 23/04/2012

Tabela 14 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 23/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
16.457,170	0,000	5.084,185	5.462,925

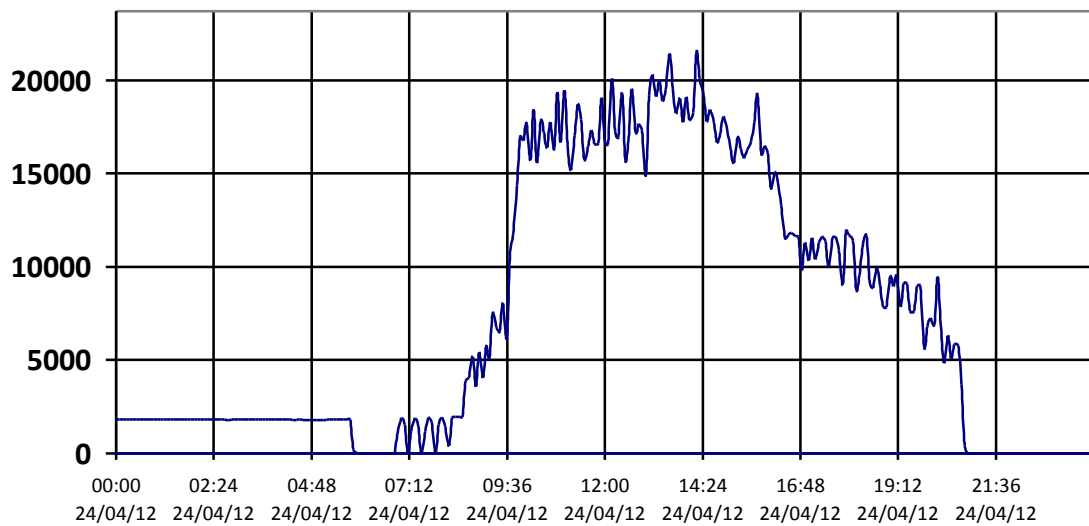


Figura 15 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 24/04/2012

Tabela 15 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 24/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
21.545,900	0,000	7.348,895	7.090,026

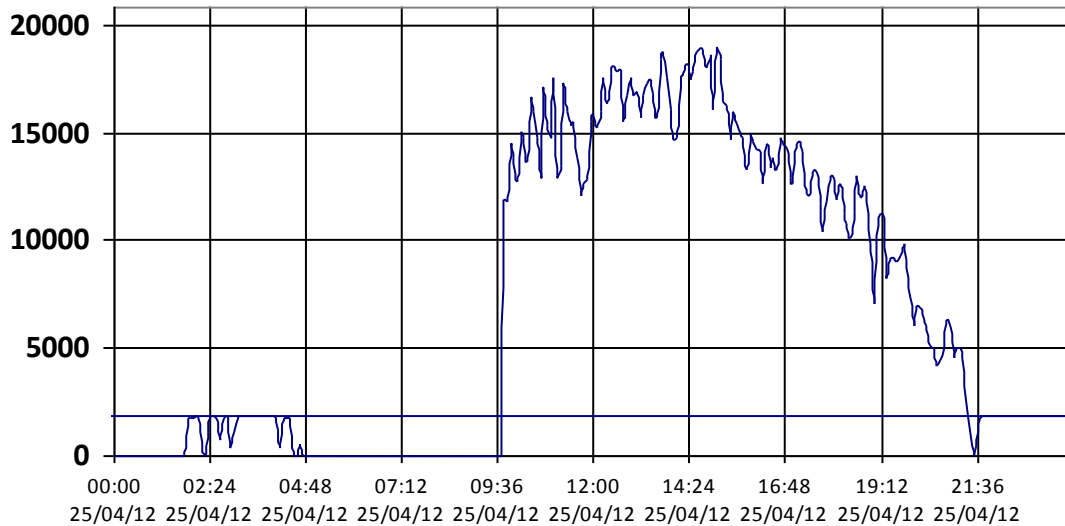


Figura 16 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 25/04/2012

Tabela 16 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 25/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
18.939,510	0,000	8.591,985	6.709,297

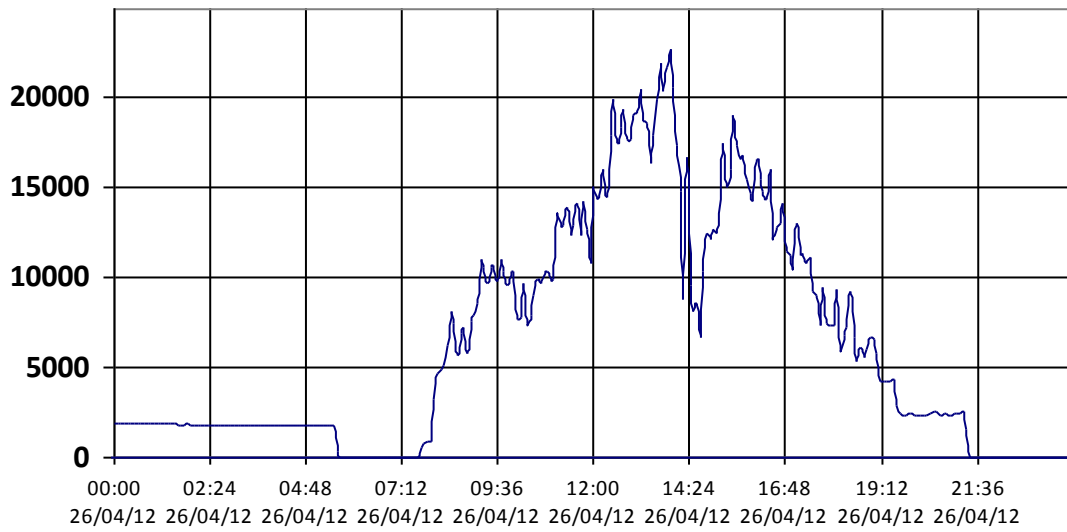


Figura 17 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 26/04/2012

Tabela 17 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 26/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
22.665,680	0,000	6.283,511	6.222,707

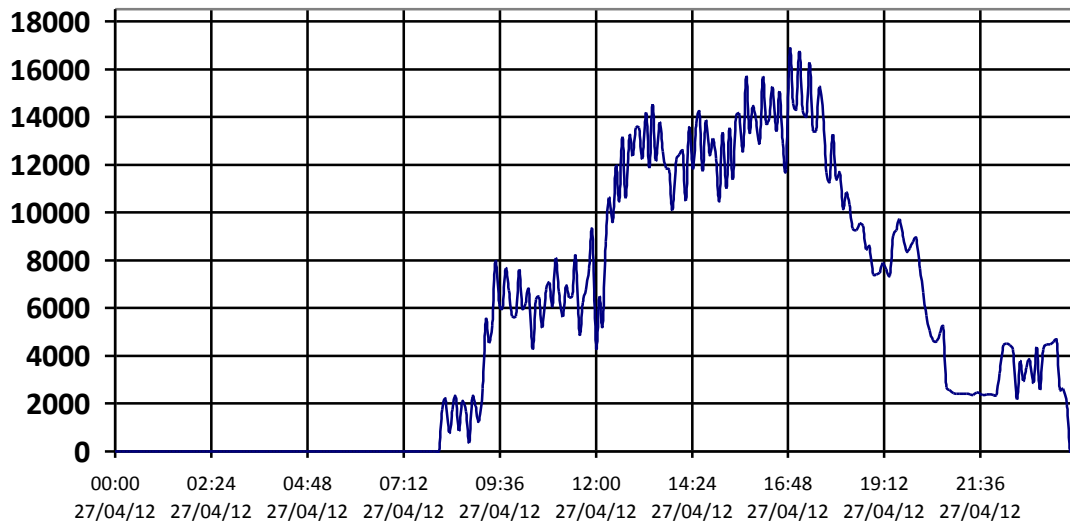


Figura 18 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 27/04/2012

Tabela 18 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 27/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
16.835,870	0,000	5.339,775	5.274,098

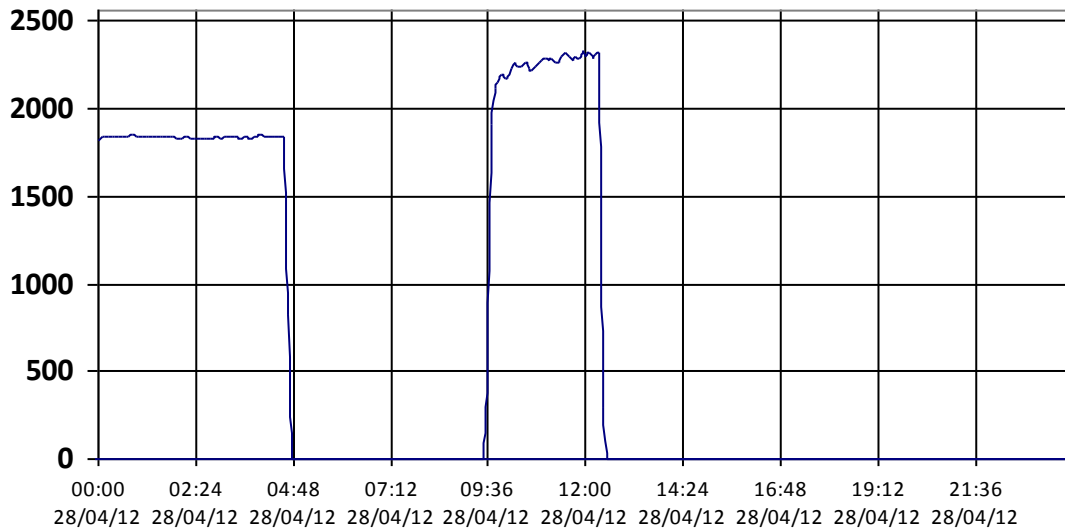


Figura 19 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 28/04/2012

Tabela 19 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 28/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
2.329,480	0,000	621,367	927,039

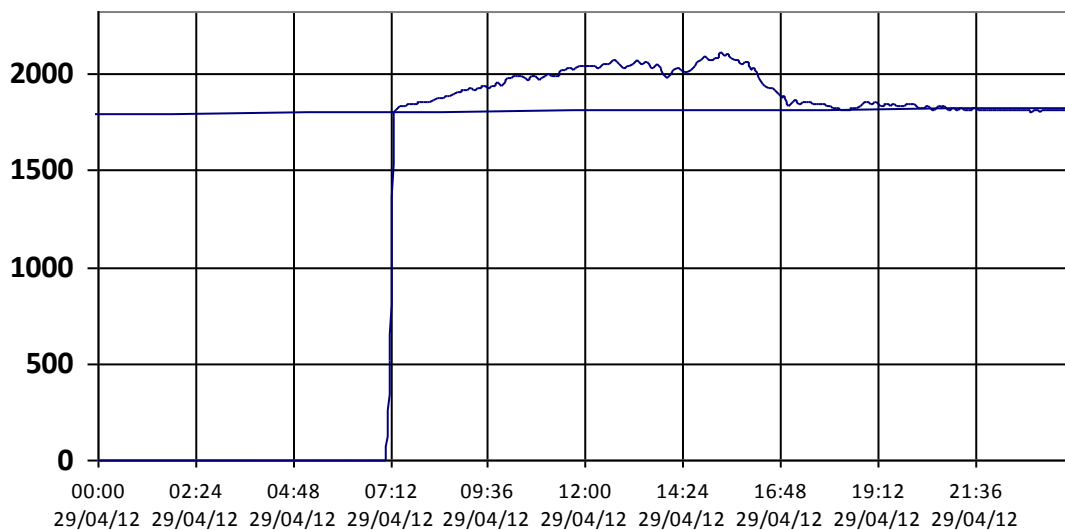


Figura 20 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 29/04/2012

Tabela 20 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 29/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
2.113,250	0,000	1.342,000	884,837

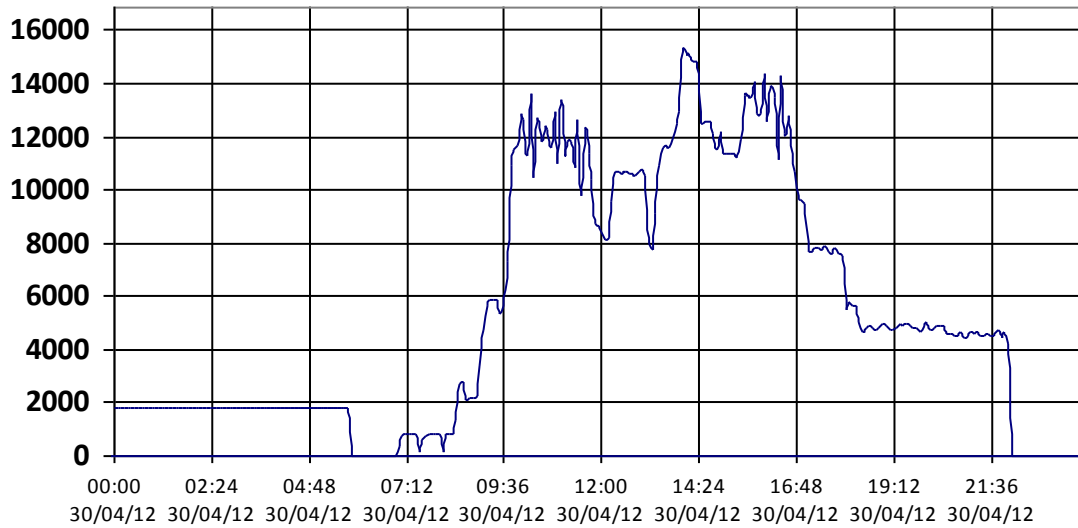


Figura 21 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 30/04/2012

Tabela 21 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 30/04/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
15.324,600	0,000	5.385,975	4.662,674

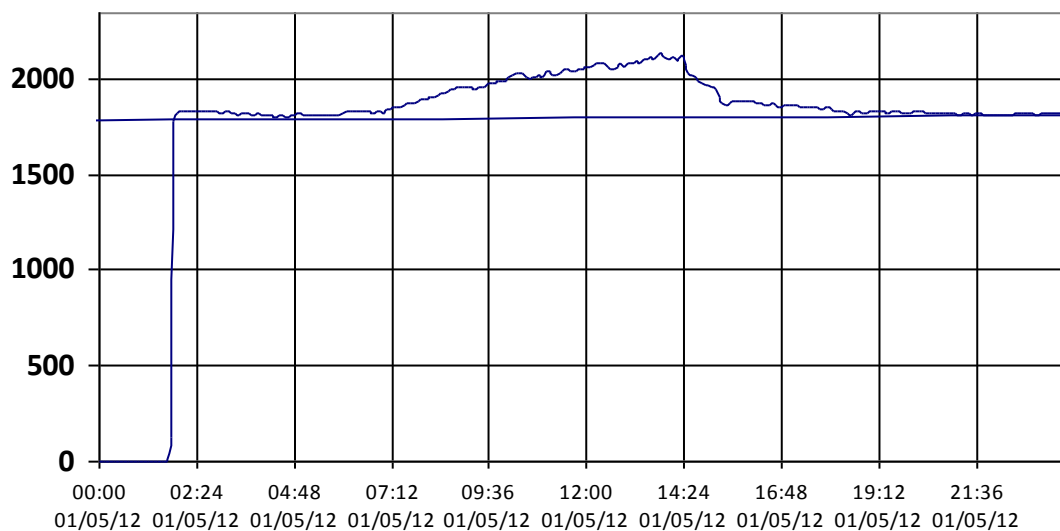


Figura 22 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 01/05/2012

Tabela 22 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 01/05/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
2.130,510	0,000	1.748,936	510,958

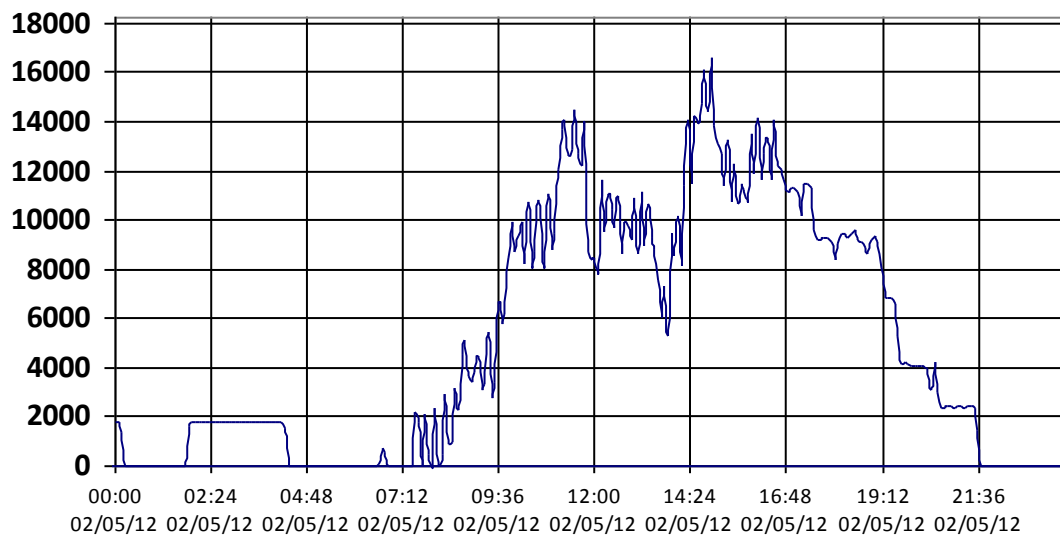


Figura 23 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 02/05/2012

Tabela 23 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 02/05/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
16.577,810	0,000	5.033,784	4.895,817

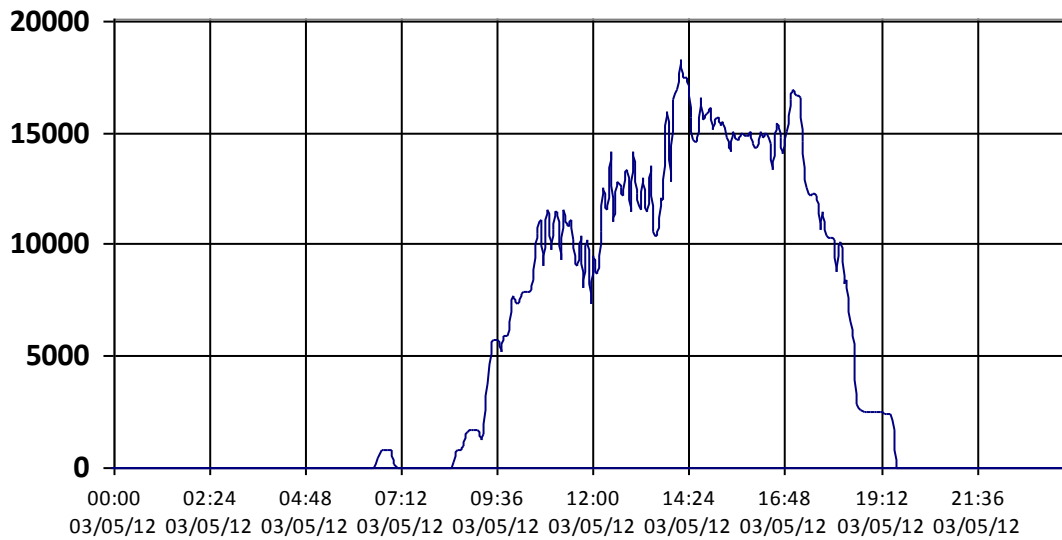


Figura 24 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 03/05/2012

Tabela 24 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 03/05/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
18.255,890	0,000	4.776,615	6.108,438

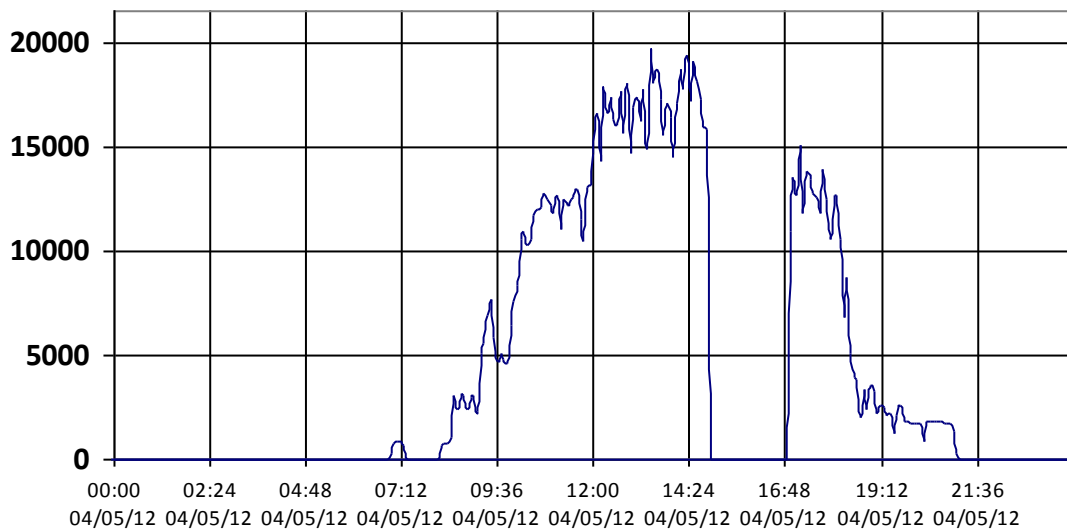


Figura 25 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 04/05/2012

Tabela 25 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 04/05/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
19.619,830	0,000	4.733,877	6.413,964

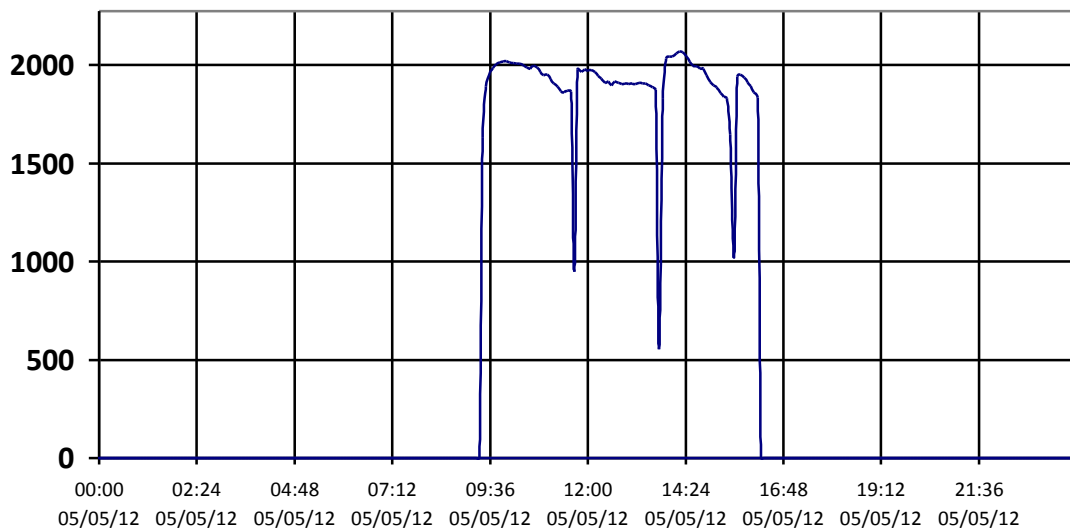


Figura 26 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 05/05/2012

Tabela 26 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 05/05/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
2.067,890	0,000	540,127	865,811

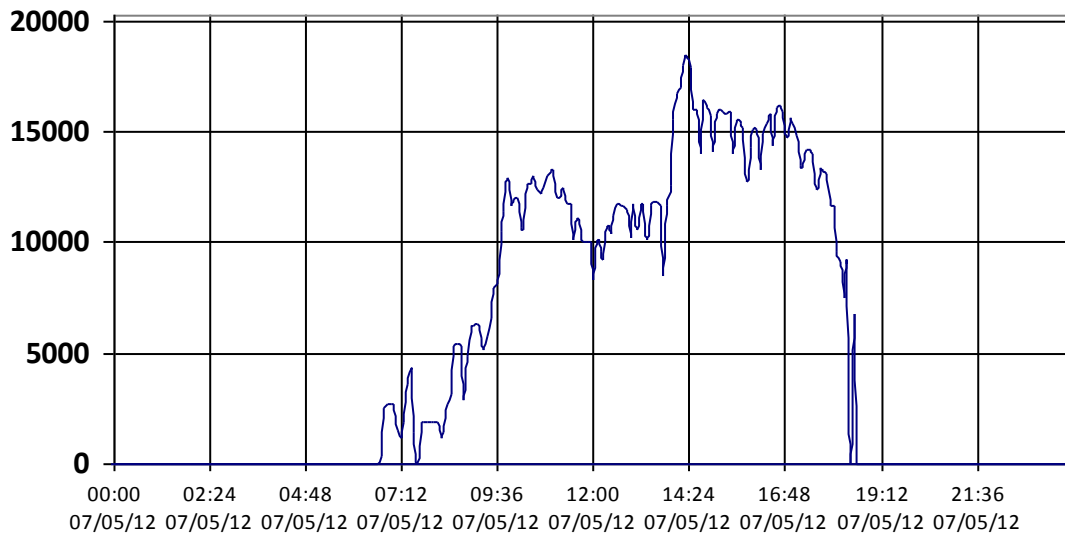


Figura 27 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 07/05/2012

Tabela 27 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 07/05/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
18.393,830	0,000	6.585,073	6.327,068

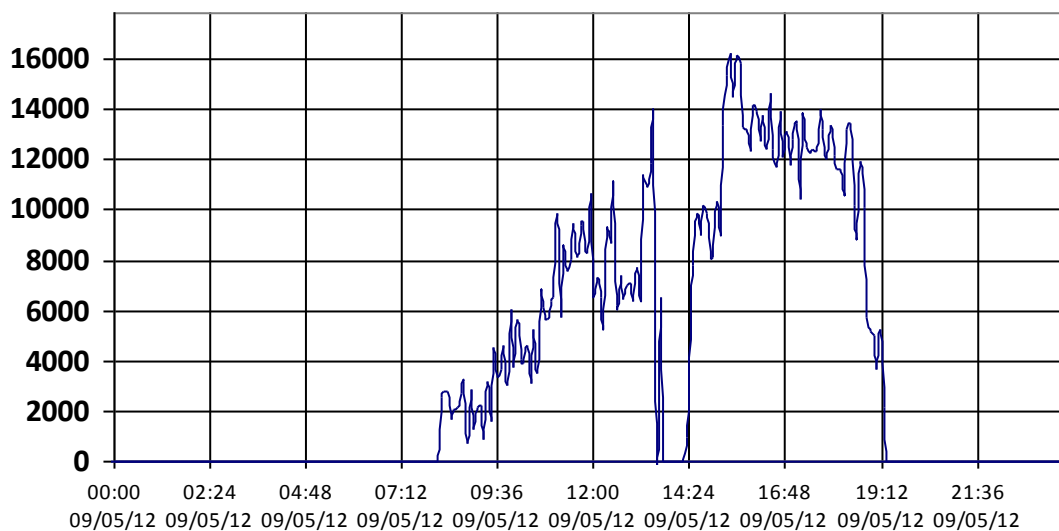


Figura 28 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 09/05/2012

Tabela 28 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 09/05/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
16.221,990	0,000	5.610,671	5.215,702

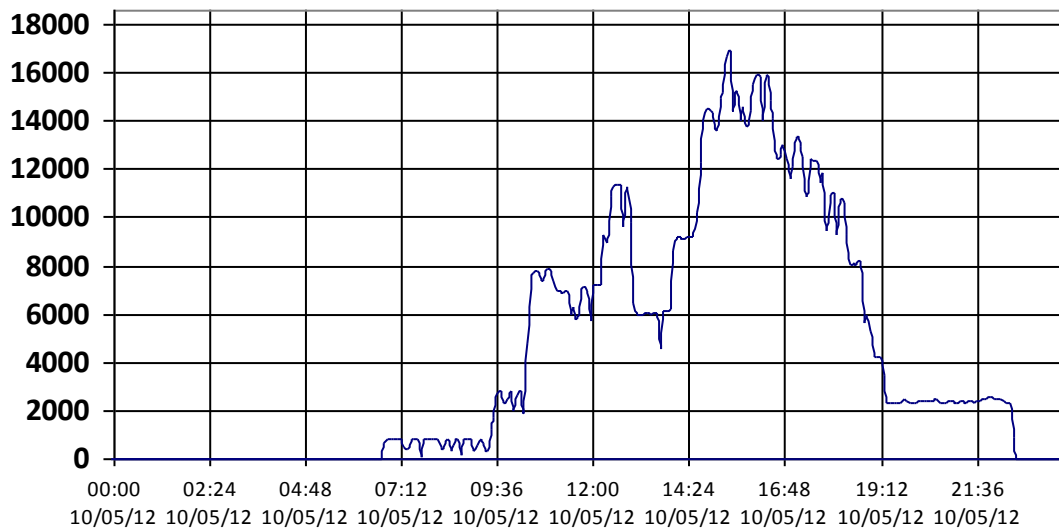


Figura 29 - Médias da grandeza potência ativa (W) para a data de 10/05/2012

Tabela 29 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 10/05/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
16.884,640	0,000	4.161,102	4.933,880

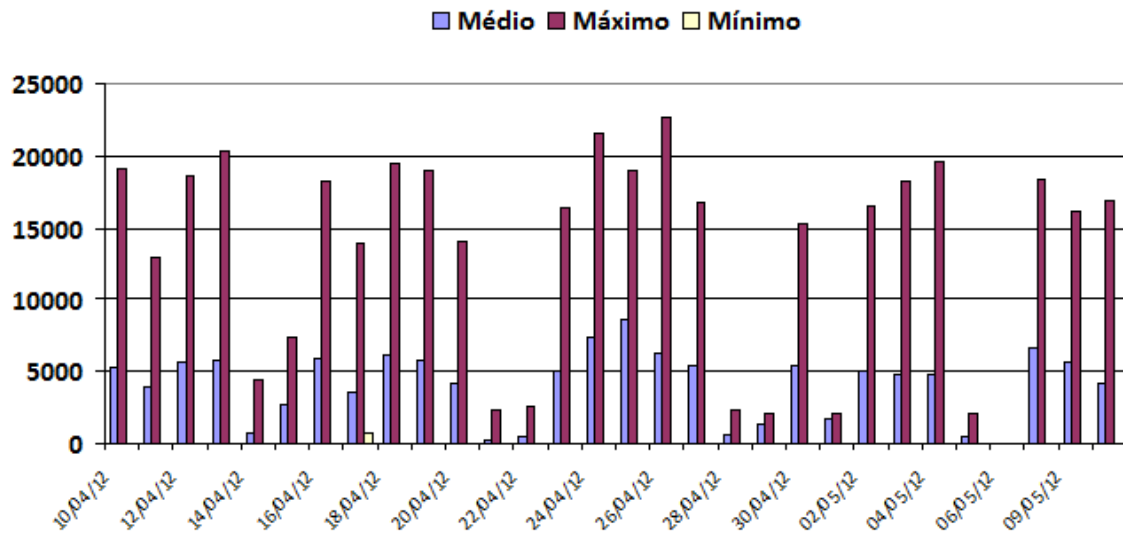


Figura 30 - Médias da grandeza potência ativa (W) para o período de 10/04/2012 a 10/05/2012

Tabela 30 - Estatísticas da grandeza potência ativa (W) para a data de 10/04/2012 a 10/05/2012

Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	Desvio padrão
8.591,985	0,000	4.111,360	2.364,122

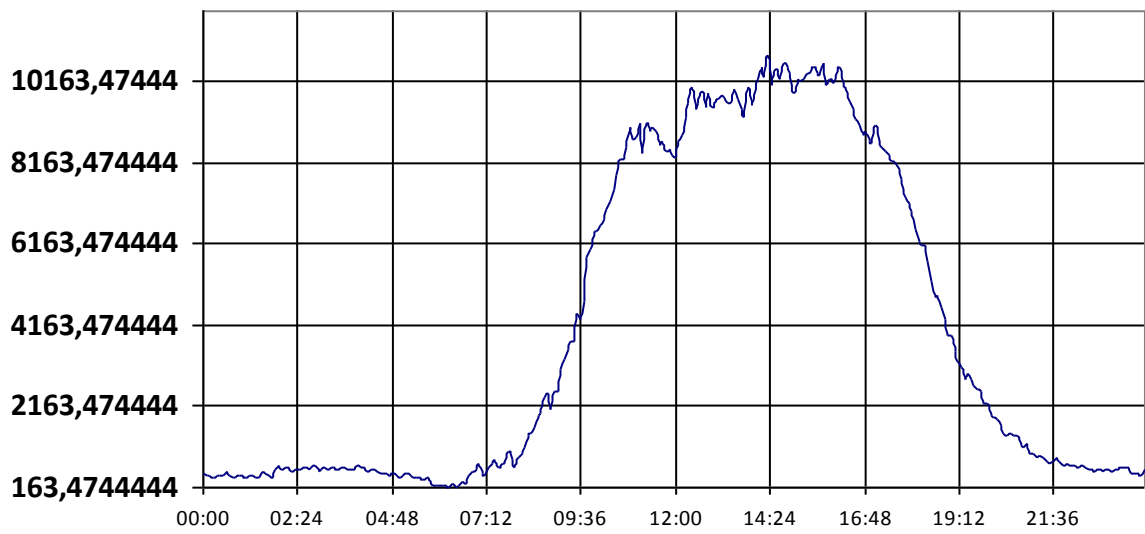


Figura 31 - Perfil de médias da grandeza potência ativa (W) para o período de 10/04/2012 a 10/05/2012