

ESTUDOS PRECURSORES COM DATA LOGGERS PARA MELHORIA DA AUTOMAÇÃO E EFICIENTIZAÇÃO DE PRÉDIOS PÚBLICOS

Francisco Tachio Nakáo Júnior¹, Marcio Henrique Bassi¹⁻², Márcio José da Cunha¹, Aniel Silva de Morais¹

ftnakaokr@gmail.com, bassi@ufu.br, mjcunha@eletrica.ufu.br, aniel@eletrica.ufu.br

¹Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia – MG

²PREFE – Prefeitura Universitária, Universidade Federal de Uberlândia – Uberlândia/MG

Resumo – Diversas soluções tem sido propostas para enfrentar problemas no sistema elétrico brasileiro, sendo uma das mais importantes a minimização do uso dos recursos energéticos, ao utilizá-los de forma eficiente, por meio da instalação de novas tecnologias, tais como o PLC (*Programmable Logic Controller*). Por se tratar de uma tecnologia industrial, sua utilização é bem vista devido à praticidade e confiabilidade que apresenta. As universidades, responsáveis pelo desenvolvimento tecnológico e formação de profissionais no país devem aumentar a sua participação com a implementação da melhoria contínua dos recursos eficientes em suas próprias instalações, fornecendo tanto a capacitação, quanto as condições necessárias para execução de projetos neste seguimento. Com o avanço tecnológico na área da microeletrônica, o emprego de módulos contendo microcontroladores de baixo custo possibilita a aquisição de dados de forma muito barata. Este trabalho propõe a utilização desses módulos na obtenção de dados para avaliação de indicadores de consumo energético, visando fornecer uma experiência para melhoria do sistema de automação predial em um dos prédios da Universidade Federal de Uberlândia. São apresentadas, ainda, as etapas da implementação do estudo, como a análise do ambiente e do sistema de energia em suas instalações. Os dados analisados serão substanciais para a tomada de decisão ao visar a economia de energia, bem como fundamentar propostas de *retrofitting* com o intuito de elevar o uso racional da energia em sistemas de climatização, audiovisual e iluminação do prédio estudado. Além disso, os aspectos da automação de edificações visam incorporar atitudes mais eficientes que se adéquam à tendência moderna de consciência sustentável.

Palavras-Chave - Automação predial, Data Loggers, eficiência energética, microcontroladores, recursos energéticos, retrofitting.

RESEARCH WITH DATA LOGGERS FOR IMPROVEMENT OF AUTOMATION AND EFFICIENCY IN PUBLIC BUILDINGS

Abstract – Several solutions have been proposed to face problems in the Brazilian power system, one of the most important to minimize the use of energy resources, to use them efficiently through the installation of new technologies such as PLC (*Programmable Logic Controller*). Because it is an industrial technology, its use

is well regarded due to practicality and reliability features. Universities, responsible for technology development and training of professionals in the country should increase their participation in the implementation of continuous improvement of efficient resource in their own facilities, providing both training, as necessary conditions for implementation of projects in this connection. With technological advancement in the field of microelectronics, the use of modules with low cost microcontrollers allows very cheap data acquisition. The paper outlined proposes to use these modules in obtaining data for evaluations of energy consumption indicators, aiming to provide a better experience for the building automation system in one building of Federal University of Uberlandia. The study's implementation steps are also presented, such as the analysis of the environment and the energy system in their facilities. The data will be analyzed to substantive decision-making to target energy saving, as well as support proposal of retrofitting in order to raise the rational use of energy in HVAC system, audiovisual and lighting of the studied building. In addition, aspects of automation in buildings aim to incorporate more efficiency attitudes that suit the modern trend of sustainable consciousness.

Keywords - Building automation, energy efficiency, energy resources, Data Loggers, microcontrollers, retrofitting.

I. INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos na automação levaram ao desenvolvimento de novas técnicas e funcionalidades para a implementação de melhorias na produção industrial. A necessidade de monitorar a linha de produção contribuiu para que sistemas automatizados fossem integrados por meios de comunicações e seus protocolos, assim exigindo a centralização em computadores. Os modernos sistemas industriais empregam dos mais simples aos mais complexos instrumentos de medição, como anemômetros para medir a velocidade do ar em tubulações com ventilação, termohigrômetros utilizados para medir temperatura e umidade do



XI CEEL – ISSN 2178-8308
25 a 29 de novembro de 2013
Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Uberlândia – Minas Gerais – Brasil

ar, manômetros digitais para medição de pressão absoluta e diferencial, tacômetros medidores de rotação, multímetros destinados a medir e avaliar grandezas elétricas. Estes instrumentos são utilizados para o constante monitoramento de uma determinada grandeza ou um conjunto delas em uma operação. Graças ao avanço tecnológico da Eletrônica Digital e Microeletrônica que tornou possível o desenvolvimento de microcontroladores capazes de interpretar dados analógicos, digitais e realizarem algumas operações semelhantes aos computadores comerciais, porém miniaturizados. Assim como os microcontroladores, muitos sensores e transdutores tornaram-se comerciais, o que viabiliza os estudos e desenvolvimento de sistemas de aquisição de dados além do setor industrial.

Quanto à automação industrial, os relês foram transformados em dispositivos automáticos programáveis. O emprego do microprocessador possibilitou a otimização de espaço em sistemas de automação, melhorou a eficiência no desempenho de comunicação tornando-se de fácil disponibilidade e barateando os custos de aquisição.

O PLC foi idealizado na década de 60 pela necessidade da indústria automobilística, especificamente na Hydrogenic Division da General Motors e refletia as necessidades do setor industrial manufatureiro.

Atualmente ele é bastante difundido nas áreas de controle de processos e de automação industrial, sendo popularizado também no setor público e comercial, os quais se beneficiam pelas características a seguir:

- Facilidade de programação;
- Facilidade de manutenção com conceito plug-in;
- Alta confiabilidade;
- Dimensões menores que painéis de Relês, para redução de custos;
- Envio de dados para processamento centralizado;
- Preço competitivo;
- Expansão em módulos.

Outra vantagem é o controle e a diminuição da demanda de energia, podendo ser programado para atuar em um intervalo de tempo pré-estabelecido e/ou de acordo com sensores Infra Vermelho Passivo (IVP), atuando em circuitos de iluminação, condicionamento de ar, audiovisuais e tomadas, focando esforços no uso racional de energia.

Os motivos do emprego do PLC em edificações comerciais e públicas iniciaram com as mudanças estruturais do setor elétrico brasileiro, a preocupação na redução dos impactos ambientais foram fatores relevantes, que motivaram o aumento da participação no uso racional da energia elétrica. Com isso, surgiram propostas governamentais de programas de eficiência energética voltadas à sociedade com a publicação dos regulamentos para especificação e avaliação dos requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos quanto à eficiência energética, tratando como caráter voluntário e aplicável tanto às existentes quanto às novas edificações [5].

O objetivo dos programas governamentais é demonstrar à sociedade a viabilidade econômica e a relevância de ações de combate ao desperdício de energia elétrica e de melhoria da eficiência energética de equipamentos e principalmente dos

usos finais de energia. Esses programas visam à transformação do mercado de energia elétrica, ao estimular o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos racionais de uso da energia elétrica, o que contextualiza com a proposta do seguinte trabalho. O objetivo final é maximizar os benefícios da energia e economizar com a postergação de investimentos de expansão do sistema elétrico

Esse trabalho se insere no contexto contemporâneo de relevância global; o uso racional de energia elétrica no setor público. Com base nisso, para que haja esse uso racional, é necessário propor o uso de metodologias e técnicas que visam tal melhoria no consumo energético.

II. CONCEITUAÇÃO DE DATA LOGGER

A compreensão do conceito e funcionamento se faz necessária, para entendimento da presente proposta.

A. Data Logger

O sistema de aquisição de dados conhecido como *Data Logger* (*registrador de dados*), termo proveniente do inglês, é utilizado geralmente em modo *stand alone* (*autônomo*) e possui como finalidade registrar informações sincronizadas ao tempo, ou seja, o horário em que a informação foi coletada também é registrado. A informação obtida provém de sensores internos ou externos ao dispositivo e é utilizada para processamento e análise com fins diversos [3].

Atualmente, os *Data Loggers* em geral são baseados em processadores digitais ou computadores. Muitos deles apresentam conexões de rede para disponibilizar as informações remotamente e outros são munidos de interfaces locais, como por exemplo, um teclado e monitor.

A título de demonstração do estado atual desta tecnologia apresentam-se, de forma objetiva, alguns exemplos de sistemas de aquisição de dados.

1) Event Data Recorder (EDR)

Dispositivo de aquisição de dados voltado para a indústria automobilística. É utilizado para gravar informações relacionadas a colisões ou acidentes. Em caminhões modernos a diesel, os EDRs são acionados por problemas elétricos no motor (falhas), ou mudança brusca na velocidade das rodas. Uma ou mais dessas condições podem ocorrer devido a um acidente. Informações podem ser coletadas após uma colisão e analisada para determinar o que o veículo estava fazendo antes, durante e após o evento da colisão.



Fig. 1. Event Data Recorder (EDR).

2) Cockpit Voice Recorder (CVR)

Dispositivo também conhecido como “caixa preta” é um *Data Logger* usado para armazenar informações de áudio captadas no “cockpit” das aeronaves. As informações recolhidas têm como finalidade auxiliar as investigações de acidentes aéreos.



Fig. 2. Cockpit Voice Recorder (CVR).

III. MÓDULO DESENVOLVIDO

Estudos feitos por entidades privadas utilizando dispositivos industriais comerciais apresentaram resultados expressivos [4], o que levou ao desenvolvimento do *Low Cost Data Logger* (LCDL) como uma opção acessível para testes e comprovação.

A estruturação, meios de comunicação e periféricos podem ser observados no diagrama a seguir:

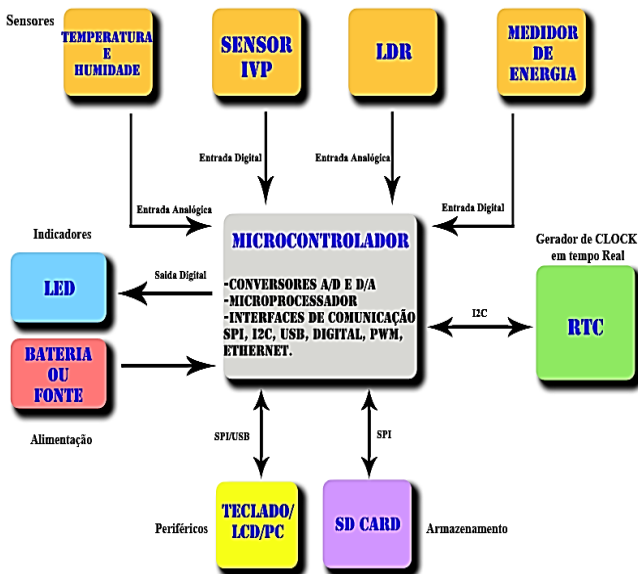


Fig. 3. Diagrama simplificado, *Low Cost Data Logger* (LCDL).

A. Hardware

O hardware é composto por um módulo Arduino com microcontrolador Atmel integrado [1]. Ele possui 14 entrada/saída digitais, das quais 6 podem ser utilizadas como saída *Pulse-Width Modulation* (PWM), 6 entradas analógicas, um cristal oscilador de 16 MHz, conector fêmea mini *Universal Serial Bus* (USB), conjunto de pinos *In Circuito Serial Programming* (ICSP) e botão *reset*. Ele opera com tensão na faixa de 5-12V e pode ser alimentado por fonte externa, pilhas ou bateria.

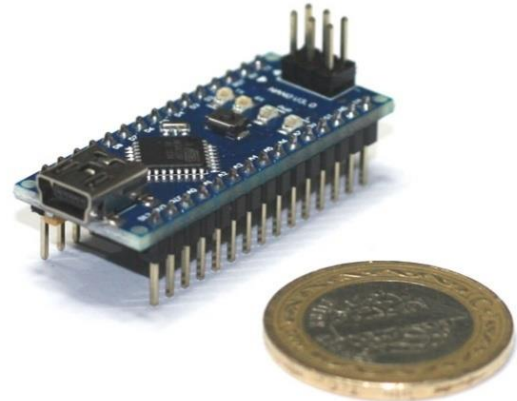


Fig. 4. Plataforma de desenvolvimento Arduino NANO.

Alguns sensores também compõem o hardware e representam a entrada do sistema. Foram escolhidos alguns tipos de sensores comuns em *Data Logger* como sensores de umidade/temperatura (DHT22) e luminosidade (TSL235).

Para registrar os dados sincronizados foi necessário o emprego de um *Real Time Clock* (RTC) que informa dados compatíveis referentes ao tempo.

O armazenamento é feito em um cartão de memória flash modelo *SanDisk* (SD) [2].

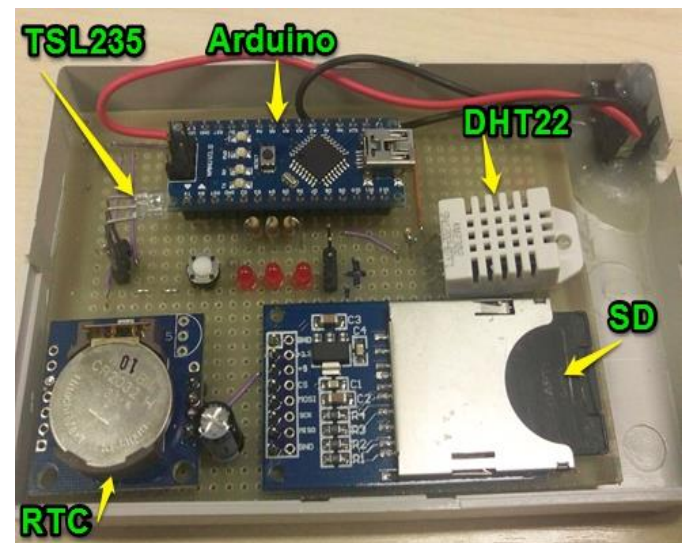


Fig. 5. *Low Cost Data Logger* (LCDL).

B. Software

A programação, semelhante às linguagens C/C++, é feita, gratuitamente, no Ambiente Integrado de Desenvolvimento (IDE) disponibilizado no site da empresa responsável pelo Arduino.

O armazenamento dos dados é organizado em arquivo com extensão *Comma-Separated Values* (CSV). O formato é bastante simples e suportado pela maioria das planilhas eletrônicas e Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD).

Tabela I – Dados gravados em arquivo CSV.

Data	Hora/Min./Seg.	Luminosidade	Temperatura
14/09/2012	13:0:05	233.247.070.312	23,324707
14/09/2012	13:0:10	233.251.953.125	23,325195
14/09/2012	13:0:15	233.286.132.812	23,328613
14/09/2012	13:0:20	233.291.015.625	23,329101
14/09/2012	13:0:25	233.271.484.375	23,327148
14/09/2012	13:0:30	233.283.059.345	23,325458

O programa também permite a organização dos arquivos nomeados conforme datas e horários. A figura abaixo exemplifica a nomenclatura adotada em ano, dia e hora.



Fig. 6. Arquivos nomeados em ano, dia e hora.

IV. METODOLOGIA

Nesta seção é estabelecida uma metodologia que busca identificar os limites em sistemas mais eficientes, com a introdução do LCDL. A priori deve ser realizado um diagnóstico energético visando fundamentar a proposta de gestão eficiente de energia [6]. Com isso, procura-se identificar o potencial de conservação estabelecido no setor interessado para ser confrontado com os indicadores dos módulos aplicados. Os indicadores de conservação de energia e desempenho são essenciais para direcionar os estudos e também determinar soluções viáveis no atual contexto.

A metodologia pode ser dividida nas seguintes etapas:

- Diagnóstico Energético;
- Estudo de Campo;
- Aplicação dos Módulos de Aquisição de Dados;
- Avaliação;
- Resultados;
- Análise dos Resultados.

As etapas são detalhadas de acordo com o proposto para a aplicação do plano metodológico, de forma técnica.

A. Diagnóstico Energético

Deve ser realizado por um aluno, professor ou profissional capacitado.

Também pode ser feita a capacitação com alunos, visando aumentar o engajamento desses nas questões acadêmicas e sociais.

Esses indicadores são estabelecidos como referência para futuras análises, pois tratam da situação atual na qual a metodologia foi implementada.

B. Estudo de Campo

Esta etapa é referente ao levantamento de carga instalada, à obtenção de dados de serviço como horários de funcionamento, quantidade de pessoas que utilizam o ambiente estudado, número dos componentes de iluminação, condicionamento de ar, audiovisual e consultas relacionadas ao consumo de energia com a prestadora de serviços.

C. Aplicação dos Módulos de Aquisição de Dados

A aplicação dos módulos deve ser acompanhada por um professor, sempre buscando coletar dados referentes aos indicadores diagnosticados na etapa anterior para serem confrontados.

Sistemas que influenciam diretamente no consumo energético como o de iluminação, condicionamento de ar e tomadas devem ser priorizados.

Para ambientes fechados, áreas próximas a janelas e portas podem ser aplicados os módulos para a coleta de luminosidade incidente nos planos de trabalho ao longo do dia.

A temperatura e umidade relativa podem ser coletadas tanto no interior quanto na parte externa do ambiente estudado.

D. Avaliação

Os locais cuidadosamente escolhidos no espaço em avaliação devem continuar a serem monitorados, para determinar a influência causada pelas características do ambiente, do tempo e pelas interações das atividades rotineiras previstas.

Com os dados em mãos deve-se relacionar o período das medições para que os valores não sofram interferências sazonais do ambiente.

Valores muito defasados ou mal definidos devem ser descartados da avaliação, buscando minimizar a influência externa.

Estipular uma margem aceitável na avaliação dos dados coletados é relevante para a filtragem dos mesmos.

E. Resultados

Os resultados são apresentados de maneira clara para que as análises possam ser feitas sem muitas dúvidas.

Como citado anteriormente, os dados coletados nos LCDL são organizados em planilhas no formato .csv, o que facilita a apresentação dos resultados flexibilizando a geração de tabelas e gráficos para uma melhor visualização.

Além disso, podem ser armazenado em banco de dados, pois é suportado por vários SGBD. Com isso, torna-se fácil realizar funções como busca e pesquisa de determinado valor, data ou horário.

F. Análise dos Resultados

Através da análise dos resultados podem-se observar situações que exigem a tomada de decisão. Em alguns casos, a análise deixará clara a necessidade de substituição dos dispositivos atuais, pois irá substanciar aplicações de *retrofitting* no sistema elétrico de iluminação, audiovisual e condicionamento de ar.

É importante salientar que alguns fatores como rotinas, tipo de ambiente e população devem ser considerados para uma melhor solução, visto que o conforto proporcionado pelo ambiente não deve estar em detrimento com a eficiência energética almejada.

V. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou uma proposta de metodologia para análise de instalações prediais que será testado em um dos edifícios públicos de ensino da Universidade Federal de Uberlândia, baseado em estudos que utilizaram ferramentas projetadas para a coleta de dados.

Espera-se que os resultados sejam expressivos, comprovando os experimentos já realizados e servindo como

referência em futuros estudos na melhoria da eficiência e auxiliando na complementação de metodologias mais eficientes.

REFERÊNCIAS

- [1] EVANS, Brian. *Beginning Arduino Programming*. 1. Ed. New York: Apress. 2011.
- [2] IGOE, Tom. *Making Things Talk*. 2. ed. Sebastopol: O'Reilly. 2011.
- [3] Maxwell-Bohr. *Tutorial Aplicações, Funcionamento e Utilização de Sensores*. Acedido em 4 de Maio de 2013, em: <http://www.maxwellbohr.com.br>.
- [4] ONSET. *Case Study: Data Loggers Investigate Energy Waste in Indiana School District*. Acedido em 04 de Maio de 2013, em: <http://www.onsetcomp.com>.
- [5] PROCEL. *Manual de Prédios Eficientes em energia Elétrica*. Rio de Janeiro: IBAM/ELETROBRÁS/PROCEL, 2002.
- [6] PROCEL. *Manual do Pré-Diagnóstico Energético*. Acedido em 5 de Maio de 2013, em: <http://www.orcamentofederal.gov.br>.