

## LabVIEW Monitoriza a Qualidade da Energia Eléctrica

### Sistema de Monitorização da Qualidade da Energia Eléctrica Baseado em PC

José Batista \*

Júlio S. Martins \*\*

João L. Afonso \*\*

#### 1. Produtos Utilizados NI

LabVIEW 7.1 Express Professional Development Version, NI-DAQ 6.9.2f, Internet Toolkit, Carta de Aquisição de Dados MIO-PCI-6024E, cabo SH68, conector SCSI 2.

#### 2. O Desafio

Desenvolvimento de um sistema modular e flexível de baixo custo para a monitorização da qualidade da energia eléctrica e gestão da energia consumida. O sistema funcionando em aquisição contínua regista em ficheiro os eventos que resultam da detecção de anomalias relacionadas com a qualidade da energia eléctrica. A informação adquirida pode ser visualizada em tabelas e/ou em gráficos, e a partir daí gerar relatórios no formato HTML (*HyperText Markup Language*). Neste formato, os relatórios, além de poderem ser enviados directamente para a impressora ou inseridos noutras aplicações do Windows, podem também ser acedidos através da Web utilizando um browser. O monitorizador desenvolvido pode ser incluído num sistema integrado de gestão de energia, aproveitando as potencialidades que o LabVIEW possui para criar aplicações associadas à tecnologia Internet, como por exemplo, implementar acesso remoto a sistemas de aquisição de dados, emitir alarmes em situações críticas, ou mesmo utilizar tecnologia sem fio.

#### 3. Solução

O sistema de monitorização foi desenvolvido na plataforma LabVIEW utilizando um PC, um sistema DAQ e um módulo de hardware desenvolvido para atenuar e isolar electricamente os sinais da rede eléctrica a medir. A emissão de relatórios no formato HTML foi desenvolvida recorrendo às funções “*Report Generation*” disponibilizadas pelo LabVIEW. Existe ainda a possibilidade de executar as aplicações remotamente recorrendo à ferramenta “*Web Publishing Tool*”, também do LabVIEW.

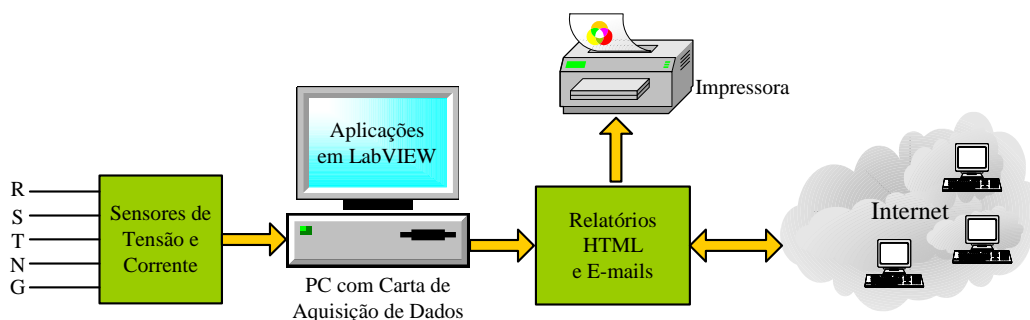


Fig.1 - Diagrama de blocos do sistema de monitorização

#### 4. Introdução

A qualidade da energia eléctrica é, actualmente, um assunto de grande interesse, que envolve tanto as empresas produtoras de energia, quanto os consumidores e fabricantes de equipamentos. Normas internacionais relativas ao consumo de energia eléctrica, tais como IEEE 519, IEC 61000 e EN 50160, limitam o nível de distorção harmónica nas tensões com os quais os sistemas eléctricos podem operar, e impõem que os novos equipamentos não introduzam na rede harmónicos de corrente de amplitude superior a determinados valores. Mas os problemas de qualidade de energia não se restringem aos harmónicos. Outros fenómenos electromagnéticos nos sistemas eléctricos estão directamente associados à qualidade da energia eléctrica: transitórios, variações de curta e longa duração (*sags*, *swells*, interrupções, subtensões e sobretensões), desequilíbrios de tensão, distorção na forma de onda, flutuações de tensão e variações de frequência.

## 5. Hardware do Sistema

A base de trabalho do sistema desenvolvido assenta na utilização de um PC vulgar (Pentium III com SO Windows XP), uma carta de aquisição de dados e o software LabVIEW, da NI. Para a interface entre a rede eléctrica e a carta de aquisição de dados foi desenvolvido um módulo de hardware em duas versões. Uma versão do módulo destina-se a ser utilizado em laboratório. Neste módulo foram utilizados sensores de efeito Hall (LEM LV 25P para as tensões e LEM LTA 50P para as correntes). Para ligar o cabo da carta de aquisição ao módulo foi incluído um conector SCSI 2. A outra versão do módulo destina-se a ser utilizado na indústria. Este difere do outro apenas nos sensores de corrente utilizados, pois em vez dos sensores LTA 50P, são utilizados os medidores de corrente LEM ~flex II com escalas de 30 a 3.000 A. Na prática, utilizando o primeiro módulo é necessário interromper o circuito, enquanto que o segundo módulo permite efectuar as medidas sem interromper o circuito.



Fig. 2 - Sistema para utilizar em laboratório

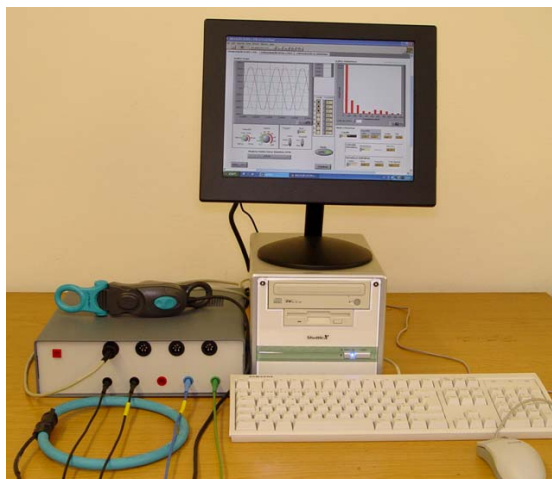


Fig. 3 - Sistema para utilizar em industria

O sistema de aquisição de dados é baseado numa carta MIO-PCI-6024E (com o cabo blindado SH68), e no NI-DAQ 6-9.2f (actualmente as aplicações já foram testadas com o NI-DAQmx e a carta de série M PCI 6220 da NI). As principais características da carta de aquisição de dados utilizada são: 16 canais analógicos (8 em modo diferencial), resolução de 12 bits, taxa de amostragem de 200 ksamples/s, 8 linhas digitais de I/O, DMA, Interrupts ou I/O, tamanho da FIFO de 512 amostras [1].

## 6. Software do Sistema

Depois de definidas as características e especificações gerais do sistema, seguiu-se uma metodologia *top-down* e modular no desenvolvimento do software, utilizando a linguagem de programação gráfica LabVIEW. O sistema assenta em quatro módulos de software desenvolvidos para o efeito, designados neste trabalho por aplicações, designadamente: “Eventos PQ”, “Grandezas Clássicas”, “Scope e THD” e “Teoria p-q”. Foi ainda desenvolvida uma aplicação para configurar todo o sistema.

### 6.1 Aplicação “Eventos PQ” (*Power Quality*)

Esta aplicação executa, em modo contínuo, a aquisição dos 3 sinais de tensão fase-neutro ( $V_{an}$ ,  $V_{bn}$  e  $V_{cn}$ ), do sinal de tensão neutro-terra ( $V_{ng}$ ) e de 4 sinais de corrente ( $I_a$ ,  $I_b$  e  $I_c$  e  $I_n$ ). Em simultâneo é executado todo o processamento necessário para elaborar os *strip charts*, detectar *sags* e *swells*, e detectar anomalias do tipo *waveshape* (medição da forma de onda), sendo a análise efectuada ciclo a ciclo, com 500 amostras por ciclo. Toda a informação importante é registada em ficheiro. Os períodos de monitorização do sistema eléctrico podem ser programados (de 1 minuto a 30 dias). No final das sessões, o sistema envia automaticamente dados via e-mail para vários destinatários.

### 6.2 Aplicação “Grandezas Clássicas”

A designação “Grandezas Clássicas” deve-se ao facto de nesta aplicação serem analisadas as grandezas eléctricas que tipicamente são tratadas nos sistemas eléctricos. Estas grandezas são: valores RMS, fasores das tensões e das correntes (valores *True RMS*), desfasamentos, impedâncias (por fase), desequilíbrios de tensão e de corrente, factor de potência total e de

deslocamento, factor de distorção, potências por fase e total (activa, aparente, reactiva e harmónica), energia activa (kWh) consumida e a “energia” reactiva (kVARh) em transito. A potência activa e reactiva são calculadas e os seus valores apresentados individualmente para cada fase e a soma das três, segundo a análise das potências para sistemas monofásicos com tensões sinusoidais e cargas não lineares. Os fasores e impedâncias são apresentados online (numericamente e em vectores), sendo calculados com a componente fundamental dos sinais. Uma das características interessantes desta aplicação consiste nos dois modos distintos de funcionamento: modo “Simulação” e modo “Aquisição”. No modo “Simulação” todas as grandezas em jogo são calculadas e visualizadas tendo como base sinais gerados em LabVIEW. Os parâmetros destes sinais (amplitude, frequência, e fase) são configurados pelo utilizador, podendo ser introduzidas as componentes harmónicas pretendidas para cada sinal. No modo “Aquisição” o tratamento é o mesmo, mas com sinais medidos através da carta de aquisição de dados, portanto sinais reais.

### 6.3 Aplicação “Scope e THD”

Esta aplicação é um exemplo típico de instrumentação virtual, pois “imita” um osciloscópio digital com as suas principais funções básicas: base de tempo, escala vertical, *trigger* (*slope*, *level* e *source*) e *readouts* (frequência dos sinais, valores *True RMS*, valor DC, valor de pico a pico, etc). Tem a possibilidade de visualizar até 8 sinais simultaneamente, com uma taxa de amostragem de 25 kHz por canal. A este instrumento foi adicionada a função de cálculo e visualização da THD (*Total Harmonic Distortion*), incluindo todas as componentes harmónicas do sinal (amplitude, frequência e fase). Tem também a capacidade de gerar relatórios no formato HTML e registar dados (amostras dos sinais e componentes harmónicas) em ficheiros que podem ser manipulados directamente por outras ferramentas em Windows, como por exemplo o Matlab e o Excel.

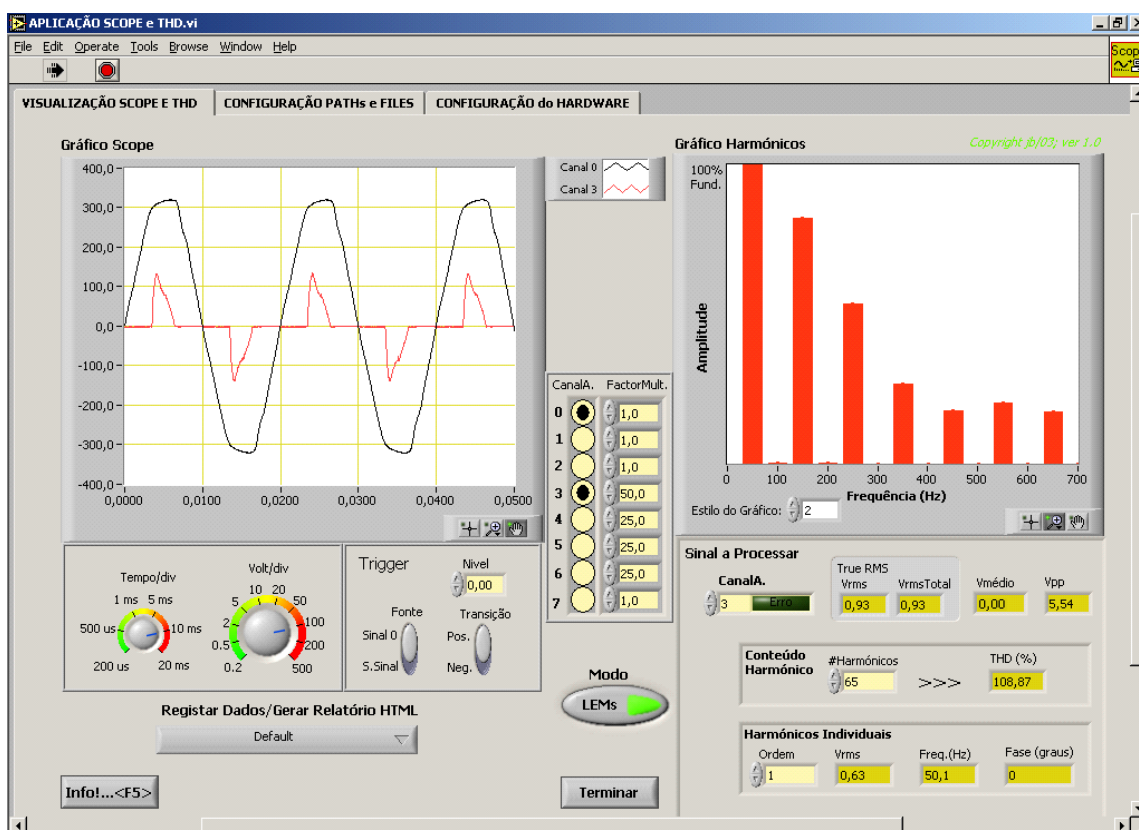


Fig.4 - Painel Frontal principal da aplicação “Scope e THD”

### 6.4 Aplicação “Teoria p-q”

Esta aplicação calcula os valores da Teoria p-q (Teoria da potência instantânea), que são extremamente úteis na análise de sistemas de potência trifásicos com problemas de qualidade de energia (nomeadamente harmónicos, reactivos e desequilíbrios de cargas). São ainda calculados os valores que seriam obtidos pela aplicação de um filtro activo paralelo ao sistema [2]. O software implementa em termos de simulação todos os cálculos envolvidos para o controlo deste filtro e pode visualizar simultaneamente todos os sinais em causa. Os sinais

processados e visualizados são de três tipos: tensões, correntes e potências, e podem ser vistos na fonte, na carga e no filtro activo, nas coordenadas a-b-c ou  $\alpha$ - $\beta$ -0. Este sinais podem ser visualizados num instrumento semelhante ao indicado na Figura 2. A aplicação possui três modos distintos de funcionamento:

- Modo Aquisição: todas as grandezas em jogo são processadas e visualizadas com sinais reais adquiridos pela carta de aquisição de dados.
- Modo Simulação LabVIEW: possui as mesmas funcionalidades do modo aquisição, mas utiliza sinais gerados (simulados) com VIs do LabVIEW. Nestes sinais podem ser incluídas as componentes harmónicas desejadas.
- Modo Simulação Matlab/Simulink: neste modo a simulação e visualização dos sinais é efectuada em ambiente Matlab sem fechar a aplicação em LabVIEW. A simulação é executada através de um ficheiro desenvolvido em Simulink do tipo mdl.

A principal utilidade desta aplicação é que permite compreender melhor alguns dos conceitos básicos da Teoria p-q aplicados à qualidade da energia eléctrica, aproveitando as grandes potencialidades da aquisição de dados, instrumentação virtual e representação gráfica de dados em LabVIEW.

## 7. Conclusões

Com o desenvolvimento deste sistema, os autores identificaram as potencialidades da aquisição de dados associada à instrumentação virtual, utilizando a plataforma LabVIEW, no âmbito da monitorização da qualidade da energia eléctrica. Desde logo se constatou que uma plataforma deste tipo permite definir a interface com o utilizador, adaptar e configurar o sistema de modo personalizado, e sobretudo, tratando-se de um sistema com grande flexibilidade, pode ser facilmente readaptado e implementadas novas funções.

No mercado existe um leque bastante variado de equipamentos para monitorizar a qualidade da energia eléctrica e/ou monitorizar o fluxo das potências em trânsito. Normalmente esses equipamentos apresentam-se com diversos modelos e módulos opcionais. Existem modelos portáteis e/ou fixos, sendo necessário em alguns casos utilizar um PC para fazer download e efectuar pós-processamento. Contudo, estes equipamentos são normalmente caros, e ao seleccionar-se um equipamento com altas performances e múltiplas funções, o seu preço cresce consideravelmente.

Conclui-se com o desenvolvimento deste projecto que utilizando uma plataforma de custo reduzido é possível implementar um monitorizador de qualidade da energia eléctrica com as funcionalidades adequadas e muito útil para utilizar em ambientes industrias, comerciais e domésticos.

## 8- Contactos

José Batista \*  
jbatista@ipb.pt

Júlio S. Martins \*\*  
jmartins@dei.uminho.pt

João L. Afonso \*\*  
jla@dei.uminho.pt

\* Escola Superior de Tecnologia e de Gestão  
Instituto Politécnico de Bragança  
Campus de St<sup>a</sup>. Apolónia, Apartado 134  
Tel. +351 273 303183; Fax +351 273 313051  
5301-857 Bragança - Portugal

\*\* Departamento de Electrónica Industrial  
Universidade do Minho  
Campus de Azurém  
Tel. +351 253 604705; Fax +351 253  
604705  
4800-058 Guimarães - Portugal

## Agradecimentos

Os autores agradecem à FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia), financiadora do Projecto POCTI/ESE/41170/2001.

## Referências

- [1] National Instruments, "DAQ 6023E/6024E/6025E User Manual - Multifuntion I/O Boards for PCI, PXI, and CompactPCI Bus Computers", December 2000 Edition.
- [2] João Afonso, Carlos Couto, Júlio Martins, "Active Filters with Control Based on the p-q Theory", IEEE Industrial Electronics Society Newsletter, vol. 47, nº 3, Set. 2000, pp. 5-10.