

PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTERGRADO PARA MONITORAÇÃO E AQUISIÇÃO DE MULTI-SINAIS REFERENTES A PARÂMETROS DE SOLDAGEM.

Vinicius Castanheira do Nascimento

Universidade Federal de Uberlândia – LAPROSOLDA
Av. João Naves de Ávila 2121 – Bloco O
vcnascimento@mecanica.ufu.br

Adalto Alves Costa Filho

Universidade Federal de Uberlândia – LAPROSOLDA
Av. João Naves de Ávila 2121 – Bloco O

Elias Barbosa Alvarenga

Universidade Federal de Uberlândia – LAPROSOLDA
Av. João Naves de Ávila 2121 – Bloco O

Ricardo Lucas Silva

Universidade Federal de Uberlândia – LAPROSOLDA
Av. João Naves de Ávila 2121 – Bloco O

Tiago Veríssimo Campos

Universidade Federal de Uberlândia – LAPROSOLDA
Av. João Naves de Ávila 2121 – Bloco O

Resumo: *Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de aquisição de sinais para monitoração e tratamento de dados de soldagens durante pesquisas sobre processos de soldagem. Usou-se diferentes sensores e foram construídas várias interfaces eletrônicas. A aquisição de dados foi feita por um conversor A/D comercial de alto desempenho e o programa gerenciador foi escrito no contexto da plataforma LabVIEW. A novidade está na possibilidade de aquisição sincronizada de até 8 sinais de diferentes origens, inclusive de câmera de alta velocidade, facilitando a operação ao substituir vários sistemas independentes por um sistema único. O gatilho pode ser acionado para pegar eventos precedentes ou posteriores a uma anomalia identificada durante as soldagens. Ao criar um sistema menos complexo e com maior facilidade de operação, acredita-se ter tornado as pesquisas realizadas no Laboratório para o Desenvolvimento de Processos de Soldagem – LAPROSOLDA mais eficiente e ágil.*

Palavras-chave: Soldagem, Monitoração, Aquisição, Tratamento de sinais.

1. INTRODUÇÃO

Seja em pesquisa ou em produção, a monitoração dos sinais de soldagem é de extrema importância. Existem inúmeros tipos de sistemas, comerciais, ou não, para monitoramento de sinais deste processo de fabricação. Entretanto, eles normalmente são modulares e específicos para cada tipo de sinal (elétrico, sonoros, ópticos, etc.). Entretanto, a medida que este monitoramento demanda mais complexidade, tanto em termos do tratamento do sinal como do tipo e variedade do mesmo, os sistemas usuais passam a não responder às exigências. O que se faz normalmente é montar 2 ou mais sistemas em paralelo, que nem sempre é satisfatório (operacionalmente e pela dificuldade de sincronização). Um dos casos que demanda um sistema mais complexo é o das pesquisas em andamento no Laboratório para o Desenvolvimento de Processos de Soldagem (Laprosolda) da Universidade Federal de Uberlândia, quando se requer a medida de diversos parâmetros elétricos (tensão e corrente de soldagem), bem como resistência elétrica, velocidade de alimentação e temperatura, todos de forma sincronizados com filmagem em alta velocidade.

O presente trabalho tem por objetivo a apresentação e demonstração de um sistema inovador de aquisição de dados para processo de soldagem, desenvolvido no Laprosolda. O sistema de aquisição é composto de diferentes sensores, por interfaces eletrônicas para o condicionamento de sinais e um software desenvolvido na plataforma LabVIEW® para tratamento e apresentação dos resultados, proporcionando uma maior eficiência e versatilidade no desenvolvimento de projetos. A Figura 1 demonstra um esboço geral do sistema desenvolvido, apresentando os oito parâmetros possíveis de ser monitorados, sendo eles:

- Corrente;
- Tensão;
- Sinal da câmera;
- Força (Célula de carga);
- Resistência do bico de contato;
- Temperatura (termopar);
- Velocidade do arame (Tacômetro);
- Velocidade do arame (Sensor Óptico).

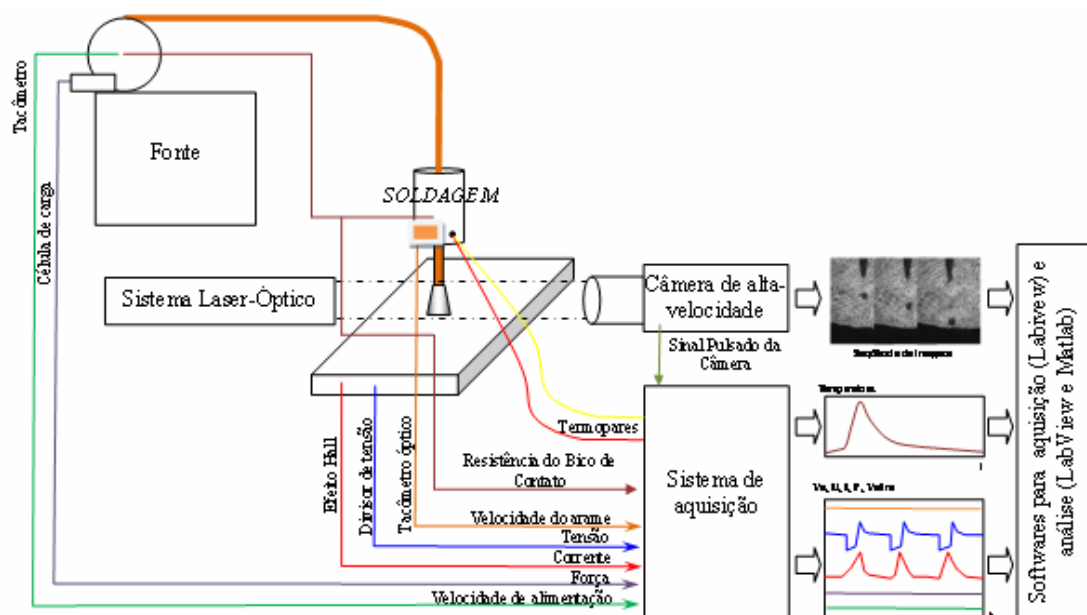


Figura 1: Esquema geral do sistema de aquisição de dados

2. SENSORES

Para a monitoração dos parâmetros citados acima, é necessário a utilização de diferentes sensores e dispositivos eletrônicos para o condicionamento dos sinais, com as respectivas calibrações. A seguir será esclarecido detalhadamente o sistema desenvolvido, demonstrando as partes de cada sensor, interface eletrônica e seus princípios de funcionamento, bem como as curvas de calibração.

2.1 Corrente de soldagem

A corrente no processo de soldagem é um parâmetro de grande importância para o estudo e desenvolvimento do processo, tornando-se necessário conhecer o comportamento deste parâmetro durante a soldagem. Para se conseguir fazer a aquisição deste sinal, foi utilizado um sensor baseado no “Efeito Hall”. O princípio do efeito Hall é baseado na geração de um campo magnético pela corrente que atravessa um semicondutor. A interação do campo magnético com a corrente resulta numa tensão conhecida como tensão Hall, que é linearmente proporcional a corrente que passa pelo circuito. Este efeito pode ser usado para medir corrente alternada e contínua.

O sensor utilizado é o HEC E6, que pode ser visualizado na Figura 2. Este sensor pode medir valores de ± 500 A e em sua saída obtêm-se valores de tensão de ± 5 V. Por se tratar de um aparelho com saída analógica, a resolução dele vai depender do sistema de conversão A/D (ver item 3). A calibração do sistema de aquisição de corrente foi feita experimentalmente, conforme curva de calibração apresentada na Figura 3.



Figura 2: Sensor Hall usado para medição de corrente de soldagem

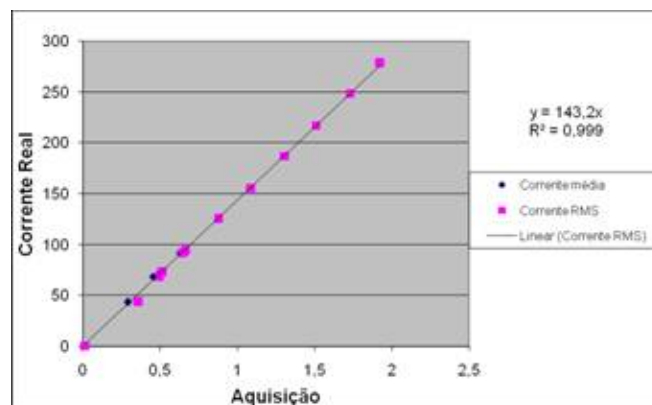


Figura 3: Curva de calibração do sensor de corrente

2.2 Tensão

Assim como a corrente, o sinal de tensão é de suma importância para o estudo e o desenvolvimento dos processos de soldagem. Desta forma, foi realizada a aquisição da tensão diretamente entre a tocha e a peça. O valor da tensão em soldagem varia entre 0 a 90 V. Para que o sistema de aquisição possa admitir este sinal foi necessário que este passasse por um divisor de tensão (DTI), onde o sinal de saída é isolado da entrada. Assim, sua interface eletrônica é composta de resistores variáveis divisor de tensão, isolador óptico, buffer e filtros, para manter uma relação mínima de 10/1 entre a entrada e a saída. Depois de condicionado o sinal, o DTI disponibiliza o sinal de forma analógica para placa de aquisição (item 3) e, em seguida, para o computador. O isolador do sistema garante a proteção da placa de aquisição e do computador. A calibração do sistema para aquisição de tensão foi realizada conformado dados apresentados pela curva mostrada na Figura 5:

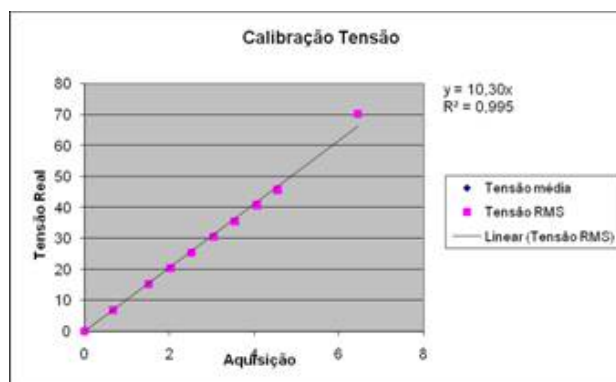


Figura 4: Curva de calibração do sistema de medição de tensão

2.3 Resistência do bico de contato

O sistema construído para o monitoramento da Resistência de Contato entre o bico e o arame de soldagem tem seu funcionamento baseado na aquisição da tensão sobre esta resistência, sendo monitorada entre o arame (na região do cabeçote alimentador) e o terra fixado na chapa a ser soldada. O circuito eletrônico desenvolvido tem o papel de isolar o circuito de aquisição e o circuito de soldagem bem como fornecer uma saída analógica condicionada entre 0 a 10V, para que este sinal possa ser apresentado pelo programa computacional.

2.4 Célula de carga

A célula de carga trata-se de um sensor piezo-elétrico que responde com um sinal de tensão quando há alimentação do arame na soldagem. Sendo assim, permite que o usuário monitore os esforços horizontais no arame, cabendo a este julgar se o esforço está de acordo com os padrões pretendidos para aquele experimento. A Figura 6(a) demonstra este sensor já instalado ao conjunto do motor que move o arame. O sinal analógico da célula de carga, por ser um sinal de valor muito pequeno, necessita de uma amplificação. Para tal foi construída uma interface eletrônica (Figura 6(b)), também isolada. Para que o ruído elétrico da rede não superasse o tamanho do sinal, a alimentação desta interface é por pilha. A calibração do sistema de aquisição da força foi feita através dos dados obtidos experimentalmente, colando a célula sob a ação de diferentes massas calibradas, conforme curva de calibração apresentada na Figura 7.

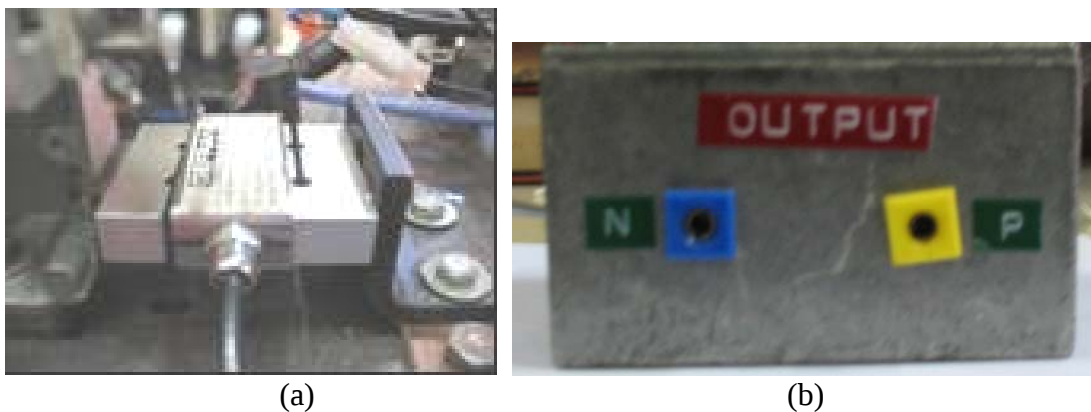


Figura 5: Célula de Carga

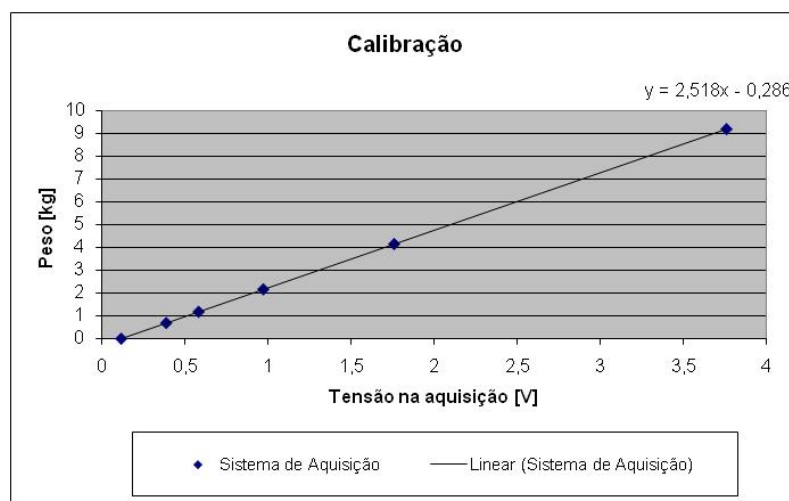


Figura 7: Curva de Calibração da célula de carga

2.5 Velocidade de Alimentação

A alimentação do arame é realizada através de roletes movidos por um motor elétrico, que pressionam e empurram o arame em uma determinada velocidade. Para monitorar a velocidade deste arame, um tacômetro foi acoplado no eixo de um dos roletes (Figura 8(a)). Esse tacômetro é um encoder de precisão por fotodiodo. Assim, tem-se um sinal de frequência que é repassado para a interface (Figura 8(b)), que o filtra e converte o mesmo em sinal de tensão amplificado. A calibração do tacômetro foi realizada e sua curva de calibração está demonstrada na figura 9.

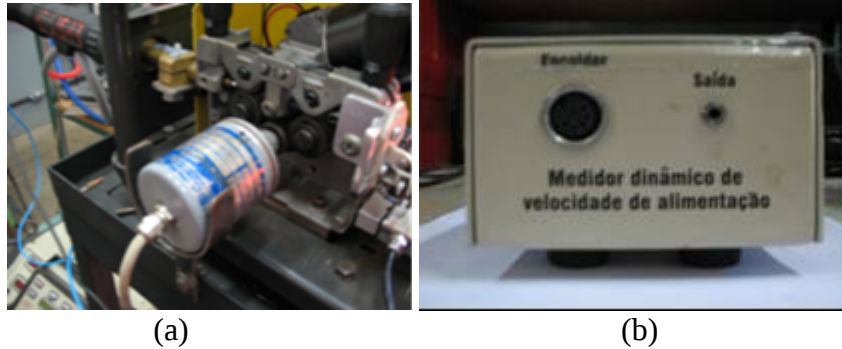


Figura 8 - (a) Tacômetro; (b) Interface “Medidor dinâmico”

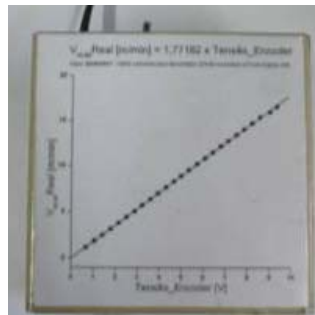


Figura 9 – Curva de calibração do tacômetro

2.6 Velocidade de Alimentação Óptico

Utilizando-se de um sistema totalmente inovador, o sistema de velocidade de alimentação óptico possui um atributo diferente do que era utilizado, pois este tem por princípio monitorar a velocidade do arame sem a necessidade de estar em contato com o mesmo. O sistema possui o mesmo princípio do mouse óptico. O sinal gerado pelo sensor óptico são pulsos em que a frequência aumenta proporcionalmente ao aumento da velocidade do arame. O sinal é então convertido em tensão através do conversor frequência-Tensão. O sistema de velocidade de alimentação óptico pode ser observado na Figura 10.

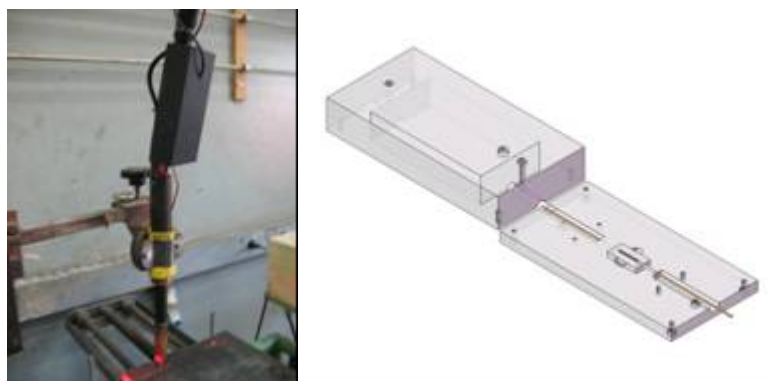


Figura 10 - Sensor de velocidade de alimentação óptico

2.7 Termopar

Os termopares são dispositivos eletrônicos com larga aplicação para medição de temperatura. São baratos, podem medir uma vasta gama de temperaturas e podem ser substituídos sem introduzir erros relevantes. A sua maior limitação é a exatidão, uma vez que erros inferiores a 1 °C são difíceis de obter. O sinal do termopar foi adquirido diretamente pela placa de aquisição de sinais (item 3), confeccionado uma junta fria com água e gelo (0° C). A figura 11 representa o gráfico de calibração do termopar tipo K, obtida com auxílio de um dispositivo de calibração.

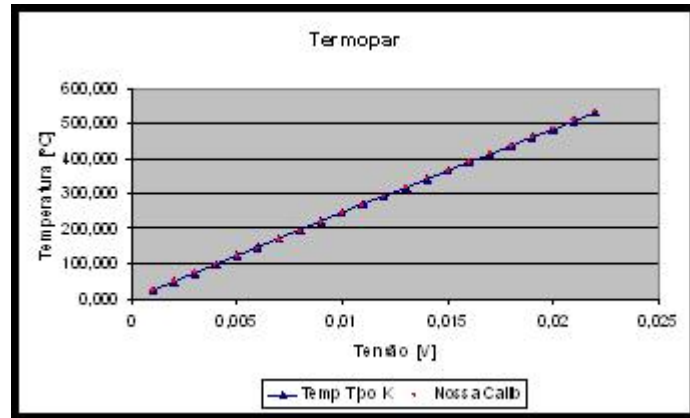


Figura 11 - Curva de calibração do termopar tipo K

3. HARDWARE

Os sinais de saída das interfaces eletrônicas, as quais condicionam os sinais correspondentes a cada parâmetro monitorado, são enviados para o computador através do sistema de aquisição de dados NI USB 6215 da National Instruments® (Figura 12) que possui conexão com o microcomputador por uma entrada USB (detectada automaticamente, Plug and play, desde que sejam instalados os driver's da national). O dispositivo de aquisição NI USB 6215 possui 16 entradas analógicas (16-bit, 250 kS/s), 2 saídas analógicas (16-bit, 250 kS/s), 4 Entradas digitais e 4 Saídas digitais.



Figura 12: Placa de aquisição NI USB 6215

4. SOFTWARE

O programa desenvolvido para esta aplicação tem a função de acompanhar em tempo real o processo de soldagem. Este foi desenvolvido na plataforma Labview 8.2®, dividindo em 3 sub-programas. Basicamente, o primeiro sub-programa ("Aquisição Contínua" - Figura 13) pega os sinais digitais na saída da placa de aquisição (a uma taxa fixa de 10 kHz) e os apresenta de forma contínua em gráficos separados numa mesma tela. Tem a função de apenas monitorar visualmente o processo. Os sinais adquiridos são apresentados em loops de tempo pré-definido, simulando um

osciloscópio, porém com os oitos canais simultâneos (valores de corrente, tensão, célula de carga, resistência do bico de contato, temperatura, câmera, velocidade do tacômetro e velocidade de alimentação óptico). Os números a seguir representam a seqüência de interfaces de leitura com o usuário, onde cada região mostra a leitura de um determinado sensor.

- | | |
|---------------------|---------------------------------------|
| 1 - Corrente | 5 - Resistência do bico de contato |
| 2 - Tensão | 6 - Temperatura |
| 3 - Câmera | 7 - Velocidade do tacômetro |
| 4 - Célula de carga | 8 - Velocidade de alimentação óptico. |

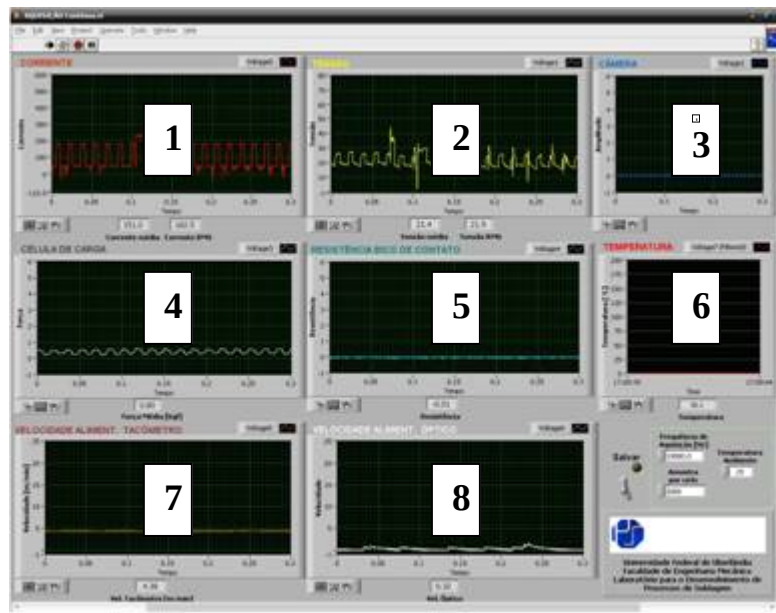


Figura 13: Interface do programa “Aquisição Contínua”

O segundo sub-programa (Aquisição Trigger) é para fazer a aquisição propriamente dita, com funções convencionais como seleção de tempo e frequência de amostragem. Além disto, além de acionar o programa de aquisição, o gatilho aciona também as câmeras de alta velocidade. Como até os oitos sinais podem ser adquiridos conjuntamente, há a possibilidade de fazer análises sincronizadas de todos os sinais. A forma a qual este usuário tem de iniciar o processo de aquisição é o gatilho da câmera de filmagem. Ao se acionar o gatilho, é iniciado a filmagem do processo de soldagem, bem como a aquisição de todos os dados relatados anteriormente. Uma característica especial é a possibilidade de se fazer “trigger” para eventos anteriores e posteriores, isto, pode-se definir um tempo antes e depois do habilitar (disparar) o gatilho. O comprimento de tempo é indeterminado, mas quanto maior mais espaço de memória é requerido. Esta função é importante para condições de pesquisa em que se quer verificar o comportamento dos sinais quando ocorrer alguma anomalia visual no processo. Os oscilogramas referentes aos sinais coletados podem ao final da aquisição serem mostrados na tela, como ilustra a Figuras 14.

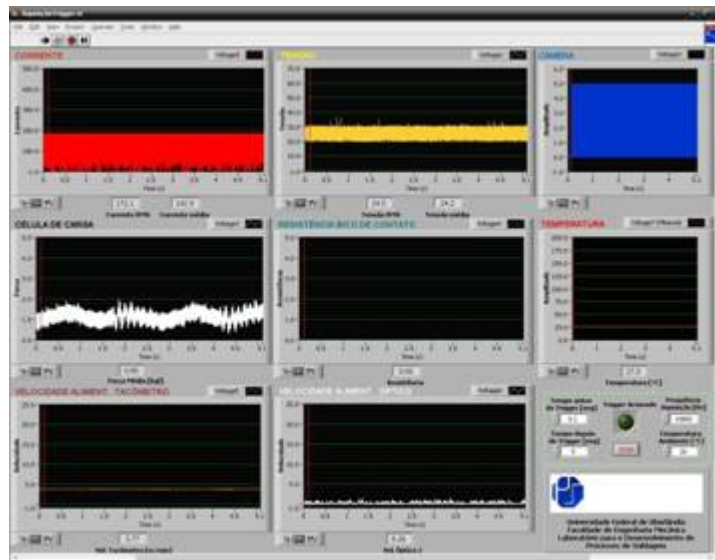


Figura 14: Interface do programa “Aquisição Trigger”

Finalmente, o terceiro sub-programa (“Ver Dados”) foi desenvolvido para abrir os dados adquiridos anteriormente em um dos dois sub-programas, podendo este ser tratado e até transformado a extensão do arquivo para o formato .txt para posterior utilização em outros programas. Mas permite também uma análise visual (Figura 15) no mesmo formato que os dois outros sub-programas permitiam.

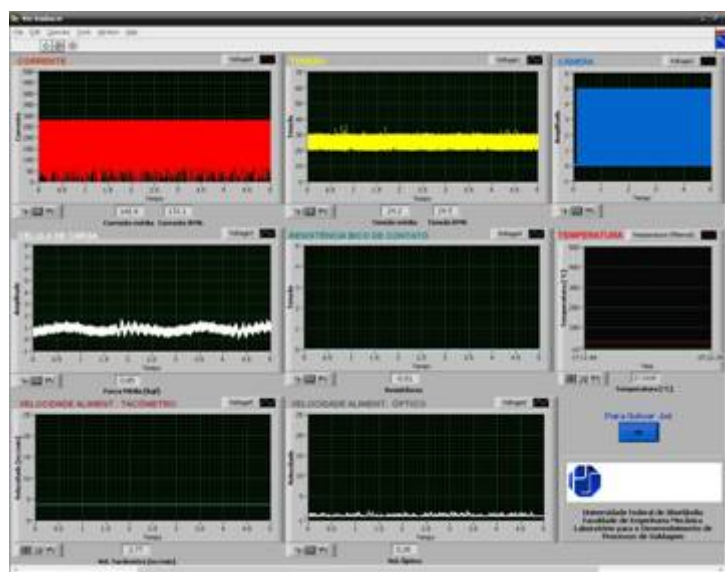


Figura 15: Interface do programa “Ver Dados”

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do presente relatório detalhado até aqui, nota-se que o sistema desenvolvido teve por finalidade a monitoração e aquisição de dados de vários de vários parâmetros simultaneamente, utilizando-se de um sistema inovador, mais eficiente e ágil. Trata-se de um protótipo que pode ser expandido para outras operações que utilizem determinados sensores com os sinais analógicos e digitais. Dessa forma, fica em aberto a possibilidade de novas soluções a serem instaladas por este mesmo método, ou seja, outras aplicações que não sejam somente da área de soldagem.

6. AGRADECIMENTOS

A equipe de desenvolvimento deste produto tem o dever de agradecer os idealizadores do sistema, que atuaram como coordenadores (Prof. Américo Scotti, Prof. Louriel Vilarinho e Prof. Valtair Antônio Ferraresi) e a outros colaboradores (Daniel Souza e Diandro Bailoni Fernandes), que foram fundamentais para a motivação da equipe, principalmente por acreditar na nossa capacidade de trabalho. Também agradecem à Fapemig, CAPES, CNPq e BELGO Bekaert, pelo suporte financeiro que possibilitou a realização do projeto e pelas bolsas dos componentes da equipe.

7. REFERÊNCIAS

Boylestad, Robert L., 1984, “Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos / Robert Boylestad, Louis Nashelsky ; traduzido por Roberto Moura Sales. 3 ed. Rio de Janeiro 1984. 700p.
Malvino, Albert Paul., 2000, “Princípios de eletrônica / Albert Paul Malvino ; tradução, adaptação e prefácio: Hermínio Duarte-Ramos. 6 ed. Lisboa 2000.

DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED SYSTEM FOR MONITORING AND MULTI-SIGNALS ACQUISITION OF WELDING PARAMETERS.

Abstract: This work presents the development of a signals acquisition system for monitoring and data treatment of welding during researches on welding processes. Different sensors were used and several electronic interfaces were built. The acquisition of data was made by a commercial A/D converter of high performance. The program manager was written in the context of the LabVIEW platform. The innovation is in the possibility of synchronized acquisition of up to 8 signals of different origins, including from high-speed cameras, facilitating the operation by replacing several independent systems. The trigger can be used to catch precedent or subsequent events to an identified anomaly during welding. When creating a less complex system and with larger operation easiness, it is believed to have made the researches accomplished at the Laboratory for Welding Process Development more efficient and agile.

Keyword: Welding, Monitoring, Acquisition, Signal treatment.

Vinicius Castanheira do Nascimento

Universidade Federal de Uberlândia – LAPROSOLDA
Av. João Naves de Ávila 2121 – Bloco O
vcnascimento@mecanica.ufu.br

Adalto Alves Costa Filho

Universidade Federal de Uberlândia – LAPROSOLDA
Av. João Naves de Ávila 2121 – Bloco O

Elias Barbosa Alvarenga

Universidade Federal de Uberlândia – LAPROSOLDA
Av. João Naves de Ávila 2121 – Bloco O

Ricardo Lucas Silva

Universidade Federal de Uberlândia – LAPROSOLDA
Av. João Naves de Ávila 2121 – Bloco O

Tiago Veríssimo Campos

Universidade Federal de Uberlândia – LAPROSOLDA
Av. João Naves de Ávila 2121 – Bloco O