

# DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SENSOR NETWORK FOR DATA ACQUISITION OF PHOTOSYNTHETICALLY ACTIVE RADIATION FOR USE IN AGRICULTURE

**Darlei E. Schiling<sup>[1]</sup>, Robson A. Stochero<sup>[2]</sup>, Mateus F. Schonardie<sup>[3]</sup>**

*Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI*

*Grupo de Instrumentação e Processamento de Energias & Grupo de Automação Industrial e Controle, DCEEng – Ijuí – RS*

[1] Darlei Elias Schiling, Aluno do Curso de Engenharia Elétrica da UNIJUI, Bolsista PIBIC/CNPq.

[2] Robson Alessandro Stochero, Aluno do Curso de Engenharia Elétrica da UNIJUI, pesquisador voluntario.

[3] Mateus Felzke Schonardie, Professor Doutor em Engenharia Elétrica da UNIJUI, DCEEng - Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, coordenador da pesquisa.

[eliaschiling@gmail.com](mailto:eliaschiling@gmail.com), [robson.stochero@gmail.com](mailto:robson.stochero@gmail.com), [mateus.schonardie@unijui.edu.br](mailto:mateus.schonardie@unijui.edu.br)

**Abstract.** The photosynthetically active radiation or PAR refers to the fraction of radiation that is used by the plants for carrying out the process of photosynthesis. Despite representing great importance in biological and agronomic areas, PAR still is a study with little theoretical basis in the relevant literature, resulting in the lack of accurate information. This research it's incorporated on the Instrumentation and Energy Processing Group (GIPE) and Industrial Automation and Control Group (GAIC) of UNIJUI in partnership with the Agronomy Department in order to improve a system of photosynthetically active radiation data acquisition. This article describes the development and build of an acquisition network of PAR data with multiple sensors using wireless technology. The aim is to monitor PAR through a network of microcontrollers that will conduct the transmission and then storing of the data on a computer or SD memory card. Therefore, this stored data may in future be analyzed and evaluated using computational tools.

**Keywords:** *Photosynthetically active radiation, Photovoltaic cells, Wireless sensors network*

## 1. INTRODUÇÃO

A radiação fotossinteticamente ativa, também abreviada como RFA se refere à parcela da radiação global que é aproveitada pelas plantas para a realização do processo de fotossíntese. No campo das Ciências Biológicas e no Setor Agrícola, o estudo da RFA é de suma importância, porque ela interfere diretamente no processo de crescimento das plantas. Isto torna a sua caracterização e seu efeito muito importante no setor agrícola. “TAIZ & ZEIGER [1] afirmam que pela absorção da RFA, as plantas convertem a energia luminosa em energia química necessária para seus processos vitais”.

O setor agrícola no Brasil é uma área com baixos investimentos em tecnologia, que aos poucos vem sendo modernizado. Neste contexto, ter o conhecimento sobre a distribuição de RFA nas diferentes culturas é importante, podendo ser uma ferramenta poderosa no processo de tomada de decisões na agricultura, auxiliando em estudos que visam à maximização da produção agrícola.

A fim de se obter uma medição do espectro de RFA, também encontrada na bibliografia como luz visível, diversos

pesquisadores definiram uma faixa espectral do comprimento de onda de luz, sendo elas muito semelhantes. “Em 1972 K. MCCREE [2] testou algumas destas definições e demonstrou chegando ao resultado de que a faixa espectral dos 400 nm aos 700 nm era a mais precisa para a resposta da RFA”. “A radiação nesta largura de onda pode ser expressa na forma de energia ( $W / m^2$ ) ou em quantum ( $mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ) conforme MCCREE [3] demonstra em 1981”.

Para aquisição dos dados de RFA, é necessário utilizar um sistema composto por sensores e uma base armazenadora de dados, para que estes possam ser posteriormente analisados. Assim, o presente projeto demonstra o desenvolvimento de uma rede de aquisição de dados de RFA, com múltiplos sensores e circuitos transmitindo os dados via wireless para uma base armazenadora de dados. O monitoramento de dados deve ser realizado através de uma rede de microcontroladores, que estarão transmitindo os dados obtidos para uma base de armazenamento, que consiste em outro microcontrolador conectado a um computador ou efetuando o armazenamento em um cartão SD.

O principal intuito deste projeto, é a implementação de um sistema, no lugar de um antes existente, utilizado pelo Departamento de Estudos Agrários da UNIJUÍ, cujo funcionamento era comprometido por ruídos e interferências devido à grande extensão dos fios que conectavam os antigos sensores - de dimensionamento duvidoso - a um dattalogger.

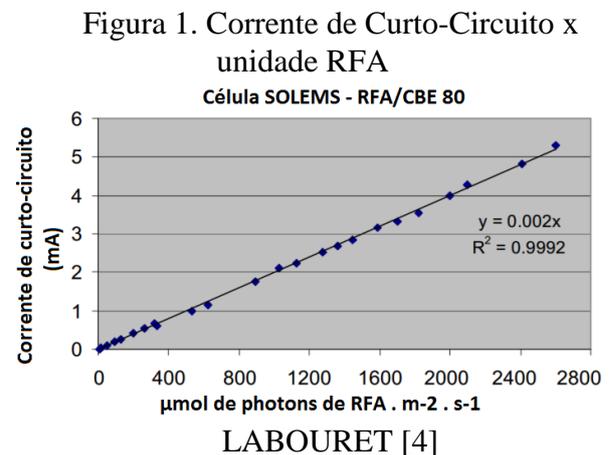
## 2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do projeto, primeiramente foi necessário um estudo aprofundado sobre o tema, considerando as possibilidades, metodologias e materiais, afim de se consolidar qual abordagem o projeto utilizaria, a fim de cumprir sua proposta de forma precisa e coerente.

Para a obtenção dos níveis de RFA optou-se por trabalhar com um método direto através de sensores quânticos. Em geral, pode-se utilizar sensores como fotodiodos de arsenieto de gálio, cujo espectro se situa de 300 a 680 nm, valores estes muito próximos da faixa espectral desejada. Ou ainda, podem ser utilizadas células fotovoltaicas, mas para isto é necessário observar a faixa espectral de recebimento de radiação, cujos valores dependem do material e do fabricante.

No presente projeto foi definida a utilização de células fotovoltaicas de silício amorfo para a aquisição do fator de RFA, sendo a faixa espectral de 350 a 750 nm e que possui uma área ativa de  $40 \text{ mm}^2$ , fabricada pela empresa Solems, situada na França.

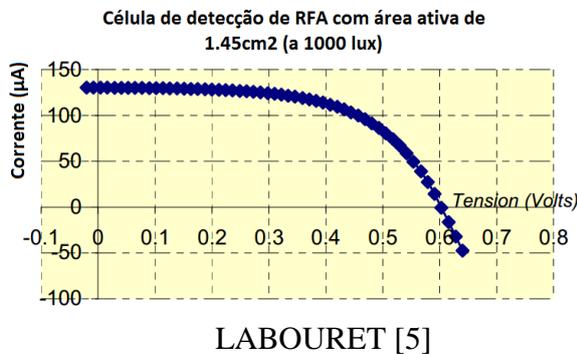
O parâmetro utilizado para fazer a leitura do nível de RFA é a corrente de curto circuito, que é diretamente proporcional a sua intensidade, conforme representado na “Fig 1”. Observa-se que o  $y=0,002x$  é a equação da reta da figura e o  $R^2=0,9992$  representa uma ótima interpolação provando a linearidade entre a RFA e a corrente.



Para fazer a aquisição de um sinal em níveis de tensão e facilitar a medição, colocou-se uma resistência de carga em paralelo com a célula. A corrente de carga é muito próxima a corrente de curto circuito. Portanto, adicionando uma resistência em paralelo com a célula, não terá influência na leitura, e permitirá a mesma ser realizada em

níveis de tensão pelo microcontrolador. Observa-se a linearidade da tensão em relação a corrente, em até 100mV, como representa a “Fig 2”.

Figura 2. Corrente x Tensão da Célula Solems



Afim de iniciar alguns testes de campo para provar a metodologia supracitada, foi necessária a utilização de um equipamento comercial específico de medição de RFA (Accupar, LP80). Pode-se assim comprovar a veracidade dos valores de tensão provenientes da célula fotovoltaica, quando comparados aos seus respectivos valores em RFA.

Definidas as metodologias e parâmetros para medição, partiu-se então para o estudo e posterior montagem dos métodos e os equipamentos necessários para a transmissão e recepção das informações via wireless como também armazenamento de dados.

Figura 3. Protótipo do sistema



O sistema – conforme a “Fig 3” – é gerenciado por um microcontrolador PIC18F4550. Este foi escolhido pois agrega suporte a vários periféricos, como por exemplo, conversor analógico-digital (A/D) de 10 bits, quatro temporizadores, interface

serial EUSART (*Enhanced Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*), interface USB (*Universal Serial Bus*), e a interface ICSP ou SPI (*In-Circuit Serial Programming or Serial Peripheral Interface*), a qual é usada para controlar o transceiver nRF24L01+.

A rede sem fio é o meio de troca de informações escolhidos para este sistema. Como dispositivo de comunicação por rádio frequência foi utilizado o transceiver nRF24L01+. Este dispositivo efetua a modulação GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*) na transmissão dos dados à uma taxa de no máximo 2Mbps e pode ser acessado utilizando o protocolo de comunicação SPI. Possui um amplificador com antena integrada e a potência de transmissão pode ser configurada na faixa de -18 a 0dBm, possibilitando um alcance de 1000 metros (sem obstáculos).

No sistema, o microcontrolador PIC18F4550 presente no módulo escravo, faz a leitura da tensão na célula através do conversor A/D, sendo este, configurado para trabalhar com uma tensão de referência de 105mV, afim de que se tenha uma maior resolução na leitura. Sendo assim, o conversor A/D retorna um valor de 10bits, que é quebrado em duas variáveis de 8bits, para que possa ser enviado ao nRF24L01+ através do protocolo de comunicação SPI.

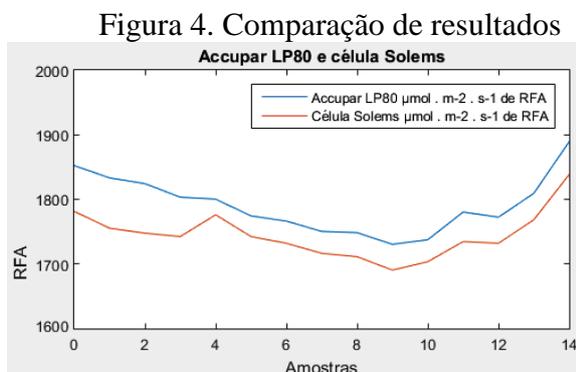
Por sua vez, o módulo mestre recebe os dados através do mesmo protocolo no microcontrolador, retorna com a variável de 10bits, e envia via USB para um computador, afim de que estas informações possam ser armazenadas. Posteriormente considera-se a implementação de um microcontrolador armazenando os dados em um cartão SD para que não haja necessidade de ter-se um computador no local da coleta de dados da RFA.

Atualmente, este projeto encontra-se em fase de estudo referente a implementação do sistema trabalhando em rede, o que envolve uma complexidade maior, mas traz todos os benefícios da tecnologia wireless para um sistema de coleta de dados multiponto,

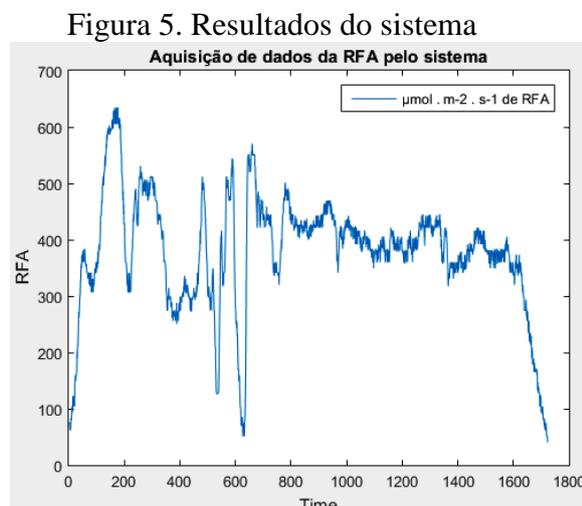
cumprindo assim a proposta final do projeto. Na fase atual também, está sendo implementada o já citado armazenamento dos dados coletados em cartão SD, para que, como supracitado, não seja necessário um computador no local de coleta de dados.

### 3. RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos acompanhar as primeiras medições realizadas para comprovar metodologia adotada na “Fig 4”.



Analisando os dados obtidos foi possível constatar que o erro médio entre a célula e o dispositivo de medição de PAR (Accupar LP80) foi de apenas 2,61%. Isso mostra que o método adotado é eficaz, considerando ainda que é possível implementar um fator de correção através de métodos estatísticos para que o resultado se aproxime mais.



Podemos acompanhar ainda na “Fig 5”, um gráfico com a representação dos dados de RFA, obtidos pelo sistema em um dia nublado de outono, em frente ao Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUÍ.

Assim sendo, os resultados da pesquisa já se mostram concretos e bastante significativos, pois vislumbra grandes perspectivas futuras, porém desafios que ainda necessitam ser vencidos, como a implementação do funcionamento do sistema em rede. Mas já é possível ver como o sistema pode trazer benefícios na área das ciências agrárias, cumprindo o objetivo de trazer dados coerentes da RFA de forma ágil e versátil, se tornando ferramenta importante no processo de tomada de decisão para o pesquisador e homem do campo.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de pesquisa e a colaboração do Grupo de Automação Industrial e Controle e Grupo de Instrumentação e Processamento de Energias da UNIJUÍ.

#### REFERÊNCIAS

- [1] TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- [2] MCCREE, Keith J. "The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants". *Agricultural and Forest Meteorology*. 9:191-216, 1972.
- [3] MCCREE, Keith J. (1981) "Photosynthetically active radiation" p. 41–55. O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B.
- [4] LABOURET, Anne. "Détecteurs quantiques de PAR et de rayonnement solaire: validité, conditions d'emploi, étalonnage". Solems S.A.
- [5] LABOURET, Anne. "How to use Solems detection cells for lux measurement". Solems S.A.