

## Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 14 (10)

October 2021

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/141020211436>

Article link: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1436>



### Desenvolvimento e validação de um sistema embarcado de baixo custo para monitoramento de patinagem em operações agrícolas mecanizadas

### Development and validation of a low-cost embarked system for monitoring sliding mechanized agricultural operations

**Mariana Dias Meneses**

Universidade Federal de Sergipe

[mari\\_dias19@yahoo.com.br](mailto:mari_dias19@yahoo.com.br)

**Wellington Gonzaga do Vale**

Universidade Federal de Sergipe

**Bruno Javier Carozo Arze**

Universidade Federal de Sergipe

**Marcos Vinícius de Souza Chaves**

Universidade Federal de Sergipe

**Edson Patto Pacheco**

Embrapa

**Patrícia de Azevedo Castelo Branco do Vale**

Universidade Federal de Sergipe

**Resumo.** Cada vez mais competitivo, o agronegócio exige cada vez mais dos produtores rurais. Dessa maneira, o produtor rural, em busca de satisfazer um mercado mais exigente e com maior demanda, investe em tecnologias que reduzam os custos de produção, aumentem a produtividade e diminuam os impactos ambientais. Para isso, se torna mais comum o monitoramento e análise das atividades realizadas em todo o ciclo da cultura, principalmente quando envolvem o trabalho de máquinas e implementos. Atualmente, a utilização de sistemas embarcados tem sido uma solução para o monitoramento das atividades agrícolas, esses equipamentos são compostos em sua maioria por sensores e microcontroladores, apesar dos resultados positivos obtidos com os mesmos, alguns aspectos como alto custo e demanda de tempo para manuseio, dificultam a obtenção desses aparatos. Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver e testar o Sistema de Aquisição Automática de Dados de Patinagem (SAADP). Os testes foram realizados na Universidade Federal de Sergipe (UFS) e obtiveram resultados positivos quando comparados com o método ASAE (American Society of Agricultural Engineers), seu custo de produção foi baixo quando comparado a outros sistemas e seu manuseio simples e rápido.

**Palavras-chaves:** Arduino, agricultura de precisão, sistema embarcado

**Abstract.** Increasingly competitive, agribusiness increasingly demands from rural producers. In this way, the rural producer, in search of satisfying an increasingly demanding market with greater demand, invests in technologies that reduce production costs, increase productivity and reduce environmental impacts. For this, monitoring and analysis of activities carried out throughout the culture cycle is becoming increasingly common, especially when they involve the work of machines and implements. Currently, the use of embedded systems has been a solution for monitoring agricultural activities, this equipment is mostly composed of sensors and microcontrollers, despite the positive results obtained with them, some aspects such as high cost and time demand for handling, make it difficult to obtain these devices. Thus, the present work aimed to develop and test the Automatic Sliding Data Acquisition System (SAADP). The tests were carried out at the Federal University of Sergipe (UFS) and obtained positive results when compared with the

ASAE (American Society of Agricultural Engineers) method, its production cost was low when compared to other systems and its simple and fast handling.

**Keywords:** Arduino, precision agriculture, embedded system.

## Introdução

A gradativa evolução do setor agrícola no país traz consigo uma exigência por técnicas mais desenvolvidas que deverão suprir as exigências do produtor com precisão e eficiência, para que essas demandas sejam alcançadas, é necessário utilizar meios que preservem, controlem, regulem e gerenciem as atividades realizadas com as máquinas, caso contrário, a máxima eficiência não será atingida.

De acordo com Vale (2011), a racionalização das operações agrícolas é obtida a partir da caracterização das operações, modo de execução, seleção dos tratores e equipamentos que executarão as atividades de maneira adequada, na região disponível e no tempo determinado. Essa racionalização permitirá conhecer o desempenho das máquinas e com isso o poder de gerenciar corretamente as atividades por elas desenvolvidas. Conhecendo o desempenho do conjunto de tratores é possível utilizá-los de modo correto, assim, será selecionado o conjunto de máquinas que desenvolverá o trabalho de uma forma eficiente. Essa seleção trará resultados positivos na produtividade e na qualidade da operação. Além disso, é necessário ressaltar que um gerenciamento correto das atividades é essencial em razão do alto investimento que é feito na preparação da lavoura e na implementação do maquinário que varia entre 20% a 40% do total gasto na produção, dependendo da cultura e da necessidade do uso de implementos que ela requer (Frantz, 2011).

Sendo o trator uma máquina imprescindível para a realização de atividades como preparo de solo, plantio, colheita e tratos culturais, uma análise do seu funcionamento é essencial para a racionalização da produção. Uma característica de suma importância a ser analisada no trator é a patinagem dos rodados. Goering et. al. (2003) definiram a patinagem como o fenômeno de interação rodado-solo que influencia no desempenho do trator. Além desta definição, de acordo com Herzog et. Al. (2002), a patinagem depende de alguns fatores, dentre eles a tração necessária para que o trator desloque um implemento e também a superfície a qual os pneus estão em contato. Em virtude da importância deste atributo, pesquisas são realizadas com o objetivo de mensurar a patinagem do trator. Os métodos mais utilizados são: manual e automático.

O método manual resulta na porcentagem de patinagem a partir de uma correlação do número de voltas dadas pelos rodados com e sem carga, apesar de ser um mecanismo confiável, o fato de ser realizado manualmente o torna desgastante e impreciso.

Já o método automático, faz utilização de sistemas embarcados, esses são compostos por

componentes mecânicos de Hardware e Software (Stallings, 2008), que executam funções dedicadas quando usados com componentes adicionais. Usando um Arduino, plataforma de prototipagem open source de baixo custo (Arduino, 2018), Loures (2017), obtém a patinagem com um sensor indutor e ímãs acoplados nas rodas do trator. Usando também Arduino, Delorme (2017) insere Encoders para contabilizar o número de voltas dadas pelos rodados, obtendo alta precisão visto que esses sensores possibilitam quinhentas leituras por volta completa. Apesar dessa acurácia seu protótipo possuiu um custo total de R\$3.400,00.

Em virtude do alto custo e do desgaste da coleta manual, são necessárias pesquisas que possam criar, testar e validar novos métodos que possam suprir as necessidades referentes a análise da patinagem do trator. Dessa forma, o presente projeto teve como objetivo construir e testar um método alternativo, o SAADP (Sistema de Aquisição Automática de Dados de Patinagem), aparelho de baixo custo que deverá obter os resultados sobre patinagem e validá-los a partir de comparação com os métodos já existentes.

## Materiais e Métodos

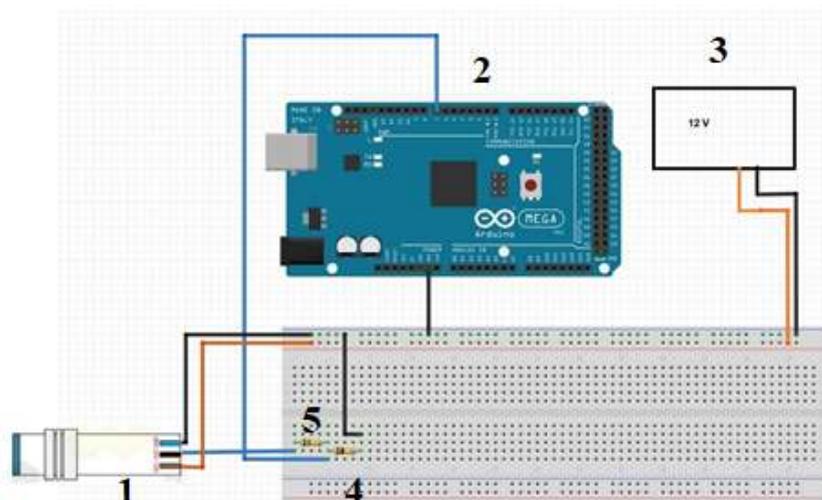
O presente projeto foi desenvolvido em partes, foram elas: seleção dos materiais, desenvolvimento do código de programação, criação do diagrama de circuitos, prototipagem e testes em campo, todas elas na Universidade Federal de Sergipe no Laboratório de Prototipagem.

Os materiais utilizados foram adquiridos no mercado local e na internet e foram os seguintes: pacote de cabos jumpers, cartão MicroSD com memória interna de 16Gb, Arduino Mega 2560, Protoshield, Ethernet-MicroSDShield, Bateria de 12V e 7Ah, cabo-garra para alimentação, conector de bateria 9V, Resistor de 100k e 150k, sensor indutivo modelo LJ12A3-4-Z/BX e tripé com base magnética.

Para que o equipamento retornasse os dados almejados foi criado um fluxo de programação para determinar as funções de cada peça do protótipo a partir de um script de programação. Esse código foi escrito na plataforma Arduino IDE.

Posteriormente, utilizando a ferramenta gratuita Fritzing®, foi desenhado um diagrama de circuitos (Figura 1) para orientar na prototipagem das peças às placas de Arduino e ProtoShield.

Em posse do aparato devidamente soldado, e utilizando o tripé magnético, o dispositivo foi acoplado ao trator para a realização dos testes em campo. Usando um trator John Deere modelo 5603 com suas características descritas na Tabela 1 um reboque agrícola acoplado no mesmo.



**Figura 1.** Diagrama de circuito. 1- Sensor indutivo, 2- Placa Arduino Mega, 3- Bateria 12v, 4- Resistor de 100 K, 5- Resistor de 150K.

Seguindo as instruções do fabricante do sensor indutivo o mesmo foi posicionado (Figura 2), com o auxílio de um paquímetro, a uma distância de 4mm ( $\pm 0,01\text{mm}$ ) de um dos parafusos da roda traseira, dessa forma, cada vez que os parafusos passavam pelo sensor era contabilizado um pulso

Utilizando-se da Equação 1 foi possível contabilizar o número de voltas realizadas pelos rodados.

$$\text{N}^\circ \text{ de voltas} = \text{N}^\circ \text{ de interferências} / 3 \quad (1)$$

Em que,

Nº de voltas = número de voltas realizadas pelo rodado;

Nº de interferências = número de interferências captadas pelo sensor; e

3 = número de parafusos do rodado.

Em seguida, utilizando-se a Equação 2, foi determinada a distância percorrida.

$$\text{Distância percorrida} = \text{n}^\circ \text{ de voltas} * \text{Perímetro da roda} \quad (2)$$

Em que,

Distância percorrida = distância percorrida pelo rodado do trator.

Foi determinado com uma trena o percurso de 75 metros, com essa distância estabelecida e com a distância percorrida pelos rodados, foi possível adquirir a patinação dos rodados. Para simular o percurso com carga e sem carga o

reboque foi acoplado e posteriormente foi retirado para o novo teste.

Em todos os testes foram obtidos dados de patinação de acordo com a norma EP496.2 (American Society of Agricultural Engineers. ASAE, 2003), os quais foram comparados com os resultados obtidos pelo SAADP. Para o cálculo de patinação pelo método ASAE, utilizou-se a Equação 3.

$$S = \frac{A_n + A_1}{A_n} * 100 \quad (3)$$

Em que,

S = patinação dos rodados (%);

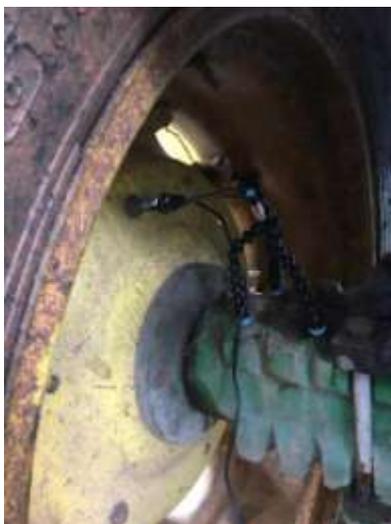
$A_n$  = deslocamento percorrido em condições sem carga por revolução da roda (m); e

$A_1$  = deslocamento percorrido em condições com carga por revolução da roda (m)

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com oito repetições. O trator percorreu o trajeto com uma rotação de 1500 rpm, o percurso demarcado foi de 75 metros em um neossolo quartzarênico com cobertura vegetal de gramíneas, a velocidade de deslocamento foi de 5 km/h, os dados obtidos nos testes foram salvos em formato “.txt”. Para a obtenção dos resultados pelo método tradicional os dados do percurso e do trator foram aplicados as equações disponibilizadas pela ASAE. Em posse dos resultados dos dois métodos foi possível compará-los usando o programa Minitab18.

**Tabela 1.** Características do trator.

Trator John Deere 5603 4x2	
Potência do motor na rotação nominal	78 cv a 2.300 rpm
Faixa de rotação com potência constante	2.000 - 2.400 rpm
Torque máximo	265 Nm a 1.600 rpm
Pneus	7,50 – 16 F2 (dianteiro) e 16,9 – 30 R1 (traseiro)
Massa (com lastro)	4.500 Kg



**Figura 2.** Localização do sensor indutivo no eixo traseiro do trator

### Resultados e discussão

A partir do fluxo de programação (Figura 3), foi possível desenvolver um código que cumpriu com um dos objetivos de obter a patinação dos rodados.

De acordo com a Tabela 3, observa-se que para um  $\alpha = 0,05$  o teste F aplicado às médias indica um F calculado menor que o F crítico, não rejeitando a hipótese de não haver diferença estatisticamente significativa entre as médias obtidas pelo sistema e o método padrão. Portanto, segundo a análise de variância para as médias de patinação obtidas pelo sistema de aquisição e pela metodologia ASAE 2003, os resultados foram iguais, o que demonstra um resultado satisfatório.

Na tabela 4 estão agrupados os resultados adquiridos nos testes. Com relação ao sistema desenvolvido, este se mostrou novamente confiável, visto que a patinação obtida pelo sistema não diferiu estatisticamente da patinação obtida pelo método padrão.

Comparando os resultados estatísticos com o trabalho de Loures (2017) e Delorme (2017) temos uma precisão menor, entretanto, a precisão dos valores obtidos pelos SAADP ainda são confiáveis como foi demonstrado anteriormente em comparação com o método ASAE.

Além da precisão dos dados, o custo total da SAADP, R\$281,20 (Tabela 5), é baixo custo quando comparado com o do trabalho anteriormente citado.

**Tabela 3.** Análise de variância das médias dos resultados.

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Métodos	1	0,6806	0,6806	0,77	0,396
Erro	14	12,4238	0,8874		
Total	15	13,1044			

**Tabela 4.** Avaliação da patinação obtida pelo sistema Arduino (SAADP) e pelo método padrão (ASAE).

Métodos	N	Média
ASAE	8	4,23
SAADP	8	3,81

\*Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si estatisticamente.

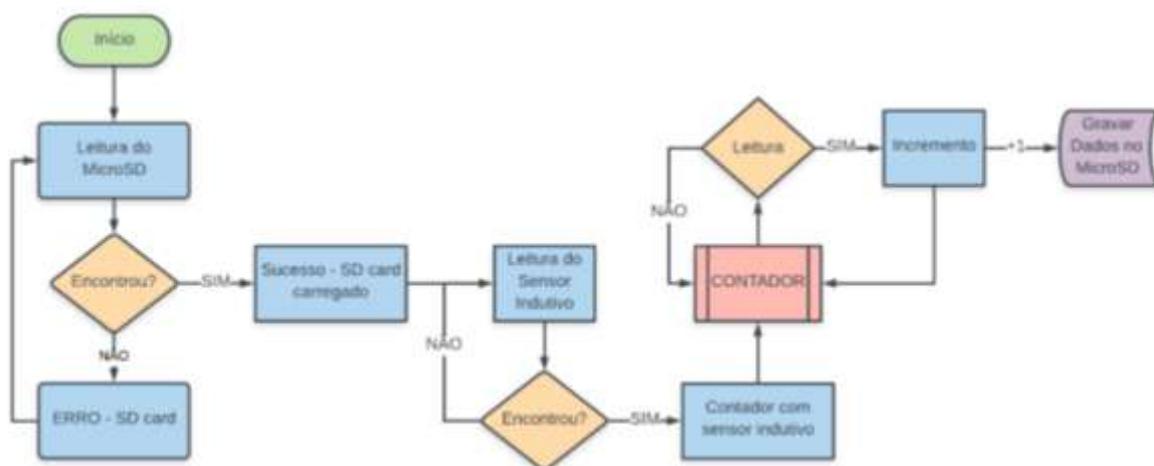


Figura 3. Fluxograma do código de programação.

Tabela 5. Valor total gasto para construção do aparato.

Material	Quantidade	Preço unitário	Preço total
Pacote de cabos jumpers	2	R\$8,00	R\$16,00
Cartão MicroSD	1	R\$30,00	R\$30,00
Arduino Mega	1	R\$65,00	R\$65,00
ProtoShield	1	R\$15,00	R\$15,00
Ethernet-MicroSDShield	1	R\$55,00	R\$55,00
Bateria	1	R\$60,00	R\$60,00
Cabo garra	1	R\$2,50	R\$2,50
Bateria Elgin	1	R\$10,00	R\$10,00
Conector bateria	1	R\$4,90	R\$4,90
Resistor	2	R\$0,15	R\$0,30
Sensor indutivo	1	R\$20,00	R\$20,00
Tripé magnético	1	Doado	Doado
Total			R\$281,20

### Conclusão

Utilizando um método alternativo foi possível atingir os objetivos almejados por este projeto conciliando a versatilidade, com precisão e um preço mais acessível.

Os resultados obtidos demonstram a aplicabilidade do sistema desenvolvido, visto que não houve diferença estatística entre a patinação obtidas por este e pelo sistema convencionalmente utilizado, se apoiando em análises de resultados de projetos citados neste trabalho, demonstra que a mensuração pela SAADP é confiável.

### Referências

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (ASAE). 2003. Agricultural machinery management – ASAE Standards EP496.2 FEB03. St. Joseph: 367-372. ASAE.

ARDUINO. Arduino home page. Acesso em: 10 abril. 2020. <www.arduino.cc>

FRANTZ, U. G. Análise de desempenho em tração de rodado simples e duplo em um trator agrícola.

2011. 120 f. Tese de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

GOERING, C. E. et al. Traction and transport devices. Off-Road vehicle engineering principles. Saint Joseph: ASAE, 2003. p. 351-382.

HERZOG, R. L. S. et al. Patinação das rodas do trator em função da profundidade do sulcador e doses de resíduos sobre o solo na semeadura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2002, Salvador. Anais... Salvador: UFB, 2002.

LOURES, F. A. Desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados utilizando plataforma Arduino para avaliação de patinação em tratores agrícolas. Tese de mestrado - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2017.

STALLINGS, W. Operating systems: internals and design principles. Boston: Prentice Hall, 2008. 800

**Meneses et al.** Desenvolvimento e validação de um sistema embarcado de baixo custo para monitoramento de patinação em operações agrícolas mecanizadas

p. < roçagem, aração e semeadura. 2011. 212 f. Tese  
[http://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/Operating\\_System.pdf](http://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/Operating_System.pdf)> (Doutorado em Produção Vegetal) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2011.

VALE, W. G. Desempenho operacional e energético de um trator agrícola durante as operações de