

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

**DETERMINAÇÃO DA CURVA DA VAZÃO MÁSSICA DE UM DOSADOR DE  
ADUBOS SÓLIDOS A TAXA VARIÁVEL<sup>1</sup>  
DETERMINING THE MASS FLOW CURVE OF A VARIABLE RATE  
FERTILIZER FEEDER**

**Ben-Hur Ribas Maciel<sup>2</sup>, Matias Alles Hubert<sup>3</sup>, Edmilton Oliveira Stein<sup>4</sup>,  
Lucas Schwertner<sup>5</sup>, Antonio Carlos Valdiero<sup>6</sup>, Luiz Antonio Rasia<sup>7</sup>**

<sup>1</sup> Projeto desenvolvido no Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS) Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUI

<sup>2</sup> Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, bolsista PIBIC/CNPq, begonhur@gmail.com

<sup>3</sup> Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, bolsista PIBITI/CNPq, matias.a.hubert@gmail.com

<sup>4</sup> Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, bolsista PIBITI/CNPq, e\_stein@outlook.com

<sup>5</sup> Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, bolsista PIBIC/CNPq, lucaschwertner@gmail.com

<sup>6</sup> Professor doutor da Faculdade Horizontina, antoniocvaldiero@gmail.com

<sup>7</sup> Professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias e Orientador, rasia@unijui.edu.br

### 1. Introdução

Este trabalho trata da determinação da curva da vazão mássica de um dosador de adubos sólidos a taxa variável com acionamento elétrico, a partir de testes em laboratório de um dosador helicoidal com transbordo da linha Fertisystem, acionado por uma transmissão de engrenagens e corrente conectada a um motor elétrico Bosch de 12V e acionado por uma plataforma microcontrolada Arduino MEGA. O trabalho de iniciação científica foi desenvolvido no Núcleo de Inovação e Mecanização da Agricultura Familiar (NIMAF), do Campus Panambi da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI).

Colaço e Molin (2017) apresentam o resultado de um experimento que comparou, durante seis anos, a aplicação de insumos a taxa variável e a taxa uniforme em dois campos de citros de 25ha em São Paulo, Brasil. O resultado foi uma maior produtividade e uma redução no consumo de insumos quando os campos foram tratados com tecnologia a taxa variável para realizar a fertilização. O campo com maior variação de textura e altitude do solo apresentou um rendimento maior, de forma que a aplicação a taxa variável tem um potencial maior em áreas com maior variabilidade topográfica.

Fulton e Port (2018) incluem em uma evolução da agricultura de precisão denominada agricultura digital, a agricultura prescritiva, que consiste na aplicação de insumos com base na análise de dados, de modo a aplicar uma quantia específica de insumos em locais e tempos específicos dentro do campo através do uso da dosagem a taxa variável juntamente com o GPS.

Valdiero, Heck e Silva (2015) identificam um grande avanço no desenvolvimento de tecnologias

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

aplicadas a máquinas agrícolas de grande porte, porém no que se refere a aplicação de um conceito de agricultura de precisão na agricultura familiar, há uma escassez de pesquisas e desenvolvimento de soluções adequadas.

Conforme Back et al. (2008), apresenta no modelo de desenvolvimento integrado de produtos, durante a fase do projeto detalhado busca-se realizar testes de laboratório, campo e clínica do protótipo afim de corrigir possíveis erros do protótipo e otimizar seus componentes.

Tendo em vista os resultados apresentados pelo uso da taxa variável para realizar a fertilização, juntamente com a tendência que se apresenta a sua utilização na agricultura de precisão. Pretende-se colaborar com o desenvolvimento de um produto adequado e de baixo custo para a agricultura familiar, com um controle adequado da vazão de adubo.

## 2. Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho consiste no método dos mínimos quadrados (BARROSO et al, 1987), através do software MATLAB, para realizar um ajuste polinomial, que constitui-se em um ajuste linear múltiplo, de modo que a equação é conforme a equação 1 e as equações normais são conforme a equação 2. O ajuste de curvas foi realizado com os dados da tensão de saída do Arduino e vazão mássica, que é determinada indiretamente através da relação de velocidade angular e quantidade de adubo despejada por rotação. Para avaliar o ajuste foi calculado o coeficiente de determinação, que é determinado por o valor um subtraído da razão entre a soma dos quadrados dos erros em relação aos dados experimentais e a soma do quadrado das diferenças em relação à média dos valores experimentais e analíticos.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \dots + \beta_p X^p \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} n & \sum x_i & \sum x_i^2 & \dots & \sum x_i^p \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \dots & \sum x_i^{p+1} \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \dots & \sum x_i^{p+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sum x_i^p & \sum x_i^{p+1} & \sum x_i^{p+2} & \dots & \sum x_i^{2p} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i y_i \\ \sum x_i^2 y_i \\ \vdots \\ \sum x_i^p y_i \end{bmatrix} \quad (2)$$

Fonte: BARROSO (1987, p. 337).

Para a determinação da velocidade angular, em regime constante, foram realizados experimentos com as tensões de 2 até 5 volts, com acréscimo de 0,5 volts, totalizando 7 experimentos. Os experimentos consistem em coletar os dados de velocidade angular, cinco segundos após a tensão estabilizar, foram determinadas as medias dos dados em cada teste, para ter a velocidade angular, em regime permanente, em função da tensão de saída do Arduino.

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

O acionamento do dosador é feito por um sistema elétrico, plataforma microcontrolada Arduino MEGA, conectado a um computador, que através do software Elispe SCADA realiza a coleta de dados e onde é determinada a tensão de saída do Arduino, em uma faixa de 0 a 5 volts, que correspondera à tensão no motor elétrico, em uma faixa de 0 a 12 volts, subtraindo perdas no sistema, proveniente de uma bateria de 12V.

A leitura do deslocamento angular é realizada por um encoder incremental da marca Hohner da série 75, com 1000 pulsos por revolução, acoplado ao eixo do dosador, conforme apresentado na Figura 1. A partir do deslocamento angular é determinada a velocidade angular e então são coletados 10 dados de velocidade angular por segundo, que são exportados para uma planilha no Excel.

Figura 1 - Montagem do encoder incremental no eixo do dosador



Fonte: autores.

Foram realizados testes em uma bancada hidráulica para determinar a quantidade constante de adubo sólido que é depositada a cada rotação do dosador da linha fertisystem com helicoide de 1" e transbordo com tampa transversal. O procedimento consiste em acionar válvula hidráulica por 20 segundos, de modo que toda a helicoide é preenchida com fertilizante, após é posicionado um recipiente sobre uma balança embaixo do dosador e então é acionada a válvula hidráulica até que a helicoide de uma volta completa. Então é contabilizado a quantidade de fertilizante liberado ao final do procedimento. Foram contabilizados doze resultados dos quais foram desconsiderados o maior e o menor valor, para aplicar a média dos dez valores restantes.

### 3. Resultados e discussão

Inicialmente coletou-se os dados de velocidade angular para cada tensão de saída do Arduino e foram determinadas indiretamente as respectivas vazões mássicas, através da multiplicação da velocidade angular, em rotações por segundo, pela quantidade constante de adubo depositada em cada rotação da helicoide, que corresponde a 0,022 Kg, conforme apresentado na Tabela 1.

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

Tabela 1 - Valores de velocidade angular e vazão mássica para cada tensão de saída

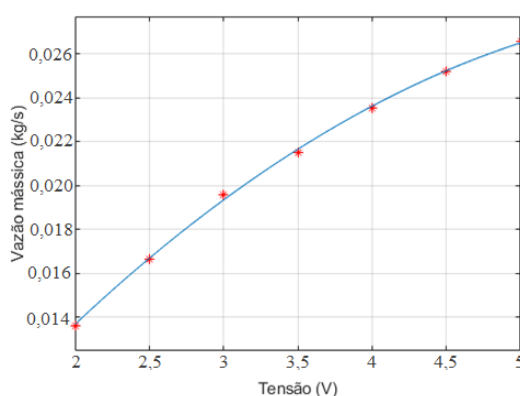
Tensão de saída (V)	Velocidade Angular (rps)	Vazão mássica (Kg/s)
2,0	0,61873	0,01361
2,5	0,75777	0,01667
3,0	0,89081	0,01960
3,5	0,97799	0,02152
4,0	1,07025	0,02355
4,5	1,14576	0,02521

Fonte: autores.

Analisando os valores de vazão mássica percebe-se que em função de seu crescimento não ser linear, um polinômio de segundo grau é adequado para representar a curva do sistema, então tem-se a equação três, que representa a curva da vazão mássica, “m”, em função da tensão de saída do Arduino, “U”, determinada através do ajuste polinomial. A Figura 2 apresenta a curva, em azul, juntamente com os valores utilizados para o ajuste, em vermelho.

$$\dot{m} = -0,00069638 U^2 + 0,009154 U - 0,001851 \quad (3)$$

Figura 2 - Gráfico da curva da vazão mássica juntamente com os dados utilizado



Fonte: autores.

Avaliou-se o ajuste como adequado, a partir do coeficiente de determinação que corresponde a 0,9993, de modo que quanto mais próximo da unidade, melhor será o ajuste (BARROSO et al, 1987). Sendo então possível encontrar o valor aproximado da quantidade de adubo que será

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

despejado para outras tensões de saída do Arduino.

#### 4. Considerações finais

Através dos testes do protótipo de um dosador a taxa variável com acionamento elétrico voltado para a agricultura familiar e a determinação da curva da vazão mássica, evidencia-se a importância da realização de testes em laboratório juntamente com a análise dos dados e características do projeto, anteriormente aos testes em campo.

Neste trabalho foi utilizado o método de ajustes de curvas desenvolvido na disciplina de cálculo numérico computacional como uma aplicação interdisciplinar de conceitos matemáticos para solução de problemas em engenharia mecânica com resultados satisfatórios para o desenvolvimento de produtos.

#### 5. Palavras-chave

Agricultura familiar, ajuste de curvas, fertilização

#### 6. Keywords

Family agriculture, curve fitting, fertilization

#### 7. Agradecimentos

Os autores gostariam de expressar sua gratidão ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), à FAPERGS (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul) e à UNIJUI, pelos recursos para aquisição de equipamentos para a construção de protótipos para pesquisa de mestrado e doutorado e bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica.

#### 8. Referências

- BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Manole, 2008.
- BARROSO, Leônidas Conceição et al. Cálculo Numérico (com aplicações). São Paulo: Harbra, v. 384, p. 2ª, 1987.
- COLAÇO, A. F.; MOLIN, J. P. Variable rate fertilization in citrus: A long term study. Precision agriculture, v. 18, n. 2, p. 169-191, 2017.
- FULTON, John P.; PORT, Kaylee. Precision agriculture data management. Precision agriculture basics, n. precisionagbasics, p. 169-188, 2018.
- VALDIERO, A. C.; HECK, T. G.; SILVA, J. A. G. da. Tecnologias inovadoras aplicadas em sistemas agrícolas. In: CARBONERA, R.; FERNANDES, S. B. V.; SILVA, J. A. G. da. Sistemas agropecuários e saúde animal. Ijuí: Ed. Unijuí, 2015. p.63-86. 1