



AVALIAÇÃO DE MECANISMOS DOSADORES DE FERTILIZANTES HELICOIDAIS EM ÂNGULOS DE NIVELAMENTO LONGITUDINAL E TRANSVERSAL¹

Étore Francisco Reynaldo² & Carlos Antonio Gamero³

RESUMO: Para que se obtenha produtividade satisfatória das culturas é necessário levar em conta alguns princípios básicos da fertilidade dos solos. Neste cenário em que os insumos são tão fundamentais para a produção agrícola, a dose de fertilizantes pelos mecanismos dosadores das semeadoras deve ser realizada de modo uniforme e eficiente. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de mecanismos dosadores de fertilizante, tipo helicoidal “rosca sem fim”, disponíveis no mercado, submetidos a simulações em níveis de inclinação longitudinal e transversal (-15, -5, 0, +5 e +15°) em duas taxas, identificando os modelos com melhor desempenho na dose, os efeitos das taxas de dose versus as inclinações longitudinais e transversais, e propor um protótipo de helicóide dosador de fertilizante. O ensaio foi realizado na Fundação ABC em Castro-PR e na Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária - FAPA, em Guarapuava-PR. Os ensaios demonstraram que há grande diferença de dose entre os mecanismos dosadores de fertilizantes comercializados e avaliados no ensaio em inclinações longitudinais. A diferença entre as doses foram mais expressivas nos ângulos de inclinação de +5 e +15°. Há também variações nas doses quando os mecanismos são submetidos a trabalhos em inclinações transversais ao sentido de rotação da rosca, sendo estes menores. O protótipo dosador helicoidal de fertilizante proposto obteve bom desempenho quando submetido a trabalho em inclinações longitudinais, sendo uma alternativa em relação a alguns modelos disponíveis no mercado. Uma solução para diminuir os erros de doses, dos mecanismos dosadores de fertilizantes é a operação de semeadura em nível, em que os mesmos serão expostos a menores níveis de inclinações.

PALAVRAS-CHAVE: Mecanismo dosador de fertilizante, fertilizante, máquina agrícola, protótipo.

EVALUATION FERTILIZER SPIRAL METERING MECHANISM UNDER DIFFERENT LONGITUDINAL AND TRANSVERSAL INCLINATIONS

ABSTRACT: In order to obtain satisfactory crop productivity is necessary to consider some basic principles of soil fertility. In this scenario, where the inputs are so fundamental to agricultural production, the fertilizer feeding by metering mechanisms must be done uniformly and efficiently. The objectives of this work were to evaluate the performance of solid fertilizer spiral metering system of "worm" type available in the market submitted to simulations at different levels of longitudinal and transverse inclination (-15, -5, 0, +5 and +15°); identify the models of best dosage performance, the effects of the dosage rates versus the transversal and longitudinal gradients; and to propose a spiral metering device prototype. The test was conducted at the ABC Foundation in located in Castro-PR and at the Agrária Foundation for Agricultural Research-FAPA located in Guarapuava-PR. The tests showed that there is a large difference between the fertilizer metering devices marketed and those evaluated under the longitudinal gradients test. The difference between dosages was more important in the inclination angles of +5 and +15°. There are also variations in dosages when the mechanisms are submitted to work in the transversal, inclined to the thread rotational direction, which has lower level. The fertilizer of spiral metering prototype proposed showed excellent performance when subjected to work in longitudinal gradients, being an alternative related to some models available in the market. One solution to reduce errors of this fertilizer metering system is to operate in level, exposing them to lower levels of inclinations.

KEYWORDS: Fertilizer metering device, fertilizer, agricultural machinery, prototype.

¹ Parte da tese de Doutorado em Energia na Agricultura do primeiro autor.

² Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária – FAPA. E-mail: etfreyraldo@yahoo.com.br

³ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – FCA. E-mail: gamero@fca.unesp.br

1 INTRODUÇÃO

Para Perche Filho et al. (2012) a fertilização é uma das operações de fundamental importância durante o ciclo da cultura, e possíveis falhas podem trazer perdas significativas.

A uniformidade de distribuição e sua deposição adequada se tornam cada vez mais importantes, no sentido de se obter uma máxima resposta do cultivo a um custo mínimo, já que o custo do fertilizante representa, no Brasil, uma grande parcela do custo total da produção (GARCIA, 2007).

Segundo Brandt (2010), o dosador de fertilizante é um componente acoplado à semeadora que afeta consideravelmente seu desempenho. De acordo com Altmann et al. (2010), os principais fatores que influenciam no funcionamento dos mecanismos dosadores de fertilizantes são: inclinação de trabalho, velocidade de acionamento e o tipo de fertilizante. Muitas áreas cultivadas com culturas de grãos no Brasil caracterizam-se pelo relevo ondulado (IAPAR, 2000) e, dependendo da forma com que se faz a semeadura, podem causar variações no nivelamento da semeadora-adubadora e, conseqüentemente, influir na dose dos mecanismos dosadores de fertilizantes (FERREIRA et al. 2007).

O objetivo foi avaliar o desempenho de mecanismos dosadores de fertilizantes, tipo helicoidal “rosca sem

fim”, disponíveis no mercado, em passos, submetidos a trabalho em ângulos de nivelamento (inclinação) longitudinal e transversal (-15, -5, 0, +5 e +15°) em relação à rotação do eixo em duas taxas de dosagem e propor um protótipo helicoidal dosador de fertilizante que se adapte em qualquer mecanismo disponível no mercado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em duas fases. A primeira fase (ensaio/avaliação dos mecanismos dosadores de fertilizantes comerciais) foi realizada na Fundação ABC, em Castro-PR. A segunda fase (ensaio/avaliação do protótipo de mecanismos dosador de fertilizante) foi realizada na Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária - FAPA, município de Guarapuava-PR.

Os dados meteorológicos foram coletados através do uso de estações meteorológicas autônomas.

A metodologia empregada para a caracterização do fertilizante utilizado nos ensaios seguiram a Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 1988) e NBR5776/80. O ângulo de repouso do fertilizante foi determinado pela medição da inclinação formada pela superfície de deposição natural do produto e aplicação de equações trigonométricas. Na Tabela 2 e 3 são apresentados os resultados da caracterização dos fertilizantes utilizados.

Tabela 1 - Dados de teor de água, densidade, densidade específica e ângulo de repouso dos fertilizantes utilizados no ensaio dos mecanismos.

Fertilizante	Fase	Teor de água (%)	Densidade (g cm ⁻³)	Dens. específica (g cm ⁻³)	Ângulo de Repouso (°)
04-14-08	1	4,09 A	0,80A	1,12A	33,03 A
	2	4,06 A	0,80A	1,12A	33,01 A

*Médias seguidas de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Granulometria do fertilizante utilizado.

Fase	P5 (4 mm) (%)		P9 (2 mm) (%)		P35 (0,5 mm) (%)	
	Passante	Retido	Passante	Retido	Passante	Retido
1	98,37 A	1,63 A	22,41 A	77,59 A	0,92 A	99,08 A
2	98,41 A	1,60 A	23,18 A	76,82 A	1,52 A	98,49 A

*Médias seguidas de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade.

Os ângulos de inclinação utilizados no ensaio dos mecanismos dosadores de fertilizantes foram: -15, -5, 0, 5 e 15° graus, no eixo longitudinal e transversal.

As taxas (g s⁻¹) de dose de fertilizante utilizada nas avaliações dos mecanismos dosadores com passo de rosca de ¾, 1, 1¾”, foram de 10 e 30 g s⁻¹ e, para os

mecanismos com passo de rosca de 2", foram de 30 e 50 g s-1. O período de coleta de cada repetição foi de 30 segundos. Após a coleta, o material foi pesado em uma balança de precisão, com escala de 1 g, e os valores transcritos em planilha eletrônica para posteriores cálculos e análises.

Na Tabela 1 são apresentados os mecanismos dosadores de fertilizantes avaliados no ensaio. Para a avaliação dos mecanismos dosadores helicoidais de fertilizantes, foi utilizada uma bancada de testes constituída de

dispositivo de angulações e, sistema de acionamento eletromecânico para acionamento dos dosadores com controle de velocidade.

O desenvolvimento do protótipo dosador baseou-se principalmente na forma e tipo de eixo do helicóide (sólido), visando à redução dos erros de dose. A fabricação dos modelos de helicóides (protótipos) deu-se com a usinagem das peças em torno mecânico e fresa, conforme projeto.

Tabela 3 - Modelos de mecanismos dosadores de fertilizantes avaliados.

Fabricante	Modelo	Passo (")	Identificação
Fertsystem	Auto-lub AP NG	1	FNG 1
	Auto-lub AP	1	FAP 1
	Auto-lub AP NG	2	FNG 2
	Auto-lub AP	2	FAP 2
John Deere	Prometer	1	JD 1
	Prometer	2	JD 2
Semeato	56155404	1.3/4	SEM56 1.3/4
	Antigo	1.3/4	SEMAN 1.3/4
	25085202	1	SEM25 1
	Antigo	1	SEMAN 1
	36168904	2	SEM36 2
Planterra	Antigo	2	SEMAN 2
	0503031163	3/4	PLAN 3/4
	501043280	1	PLAN 1
Plasagro	0501048893	2	PLAN 2
	DAP 360	1	PLASDAP 1
	Antigo	1	PLASA 1
	DAP 360	2	PLASDAP 2
Protótipo 1	Antigo	2	PLASA 2
	Teste	1	PROT 1
Protótipo 1 - Segmentado	Teste	1	PROTSEG 1
Protótipo 2	Teste	2	PROT 2
Protótipo 2 - Segmentado	Teste	2	PROTSEG 2

O delineamento do ensaio dos mecanismos dosadores de fertilizantes foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x13x23x4, sendo eles: duas taxas (g s-1); treze combinações de ângulos de inclinação longitudinal x transversal, 23 (19 mecanismos comerciais e mais 4 protótipos) mecanismos dosadores e 4 repetições. A análise estatística foi realizada utilizando o programa SAS (2013). Primeiramente, foi realizada a análise de "Box Cox". Após, os dados foram submetidos à estatística descritiva, sendo que os modelos comparados pelo teste F e, as médias e as análises de regressões comparadas pelo teste t, ambos ao nível mínimo de 5 % de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

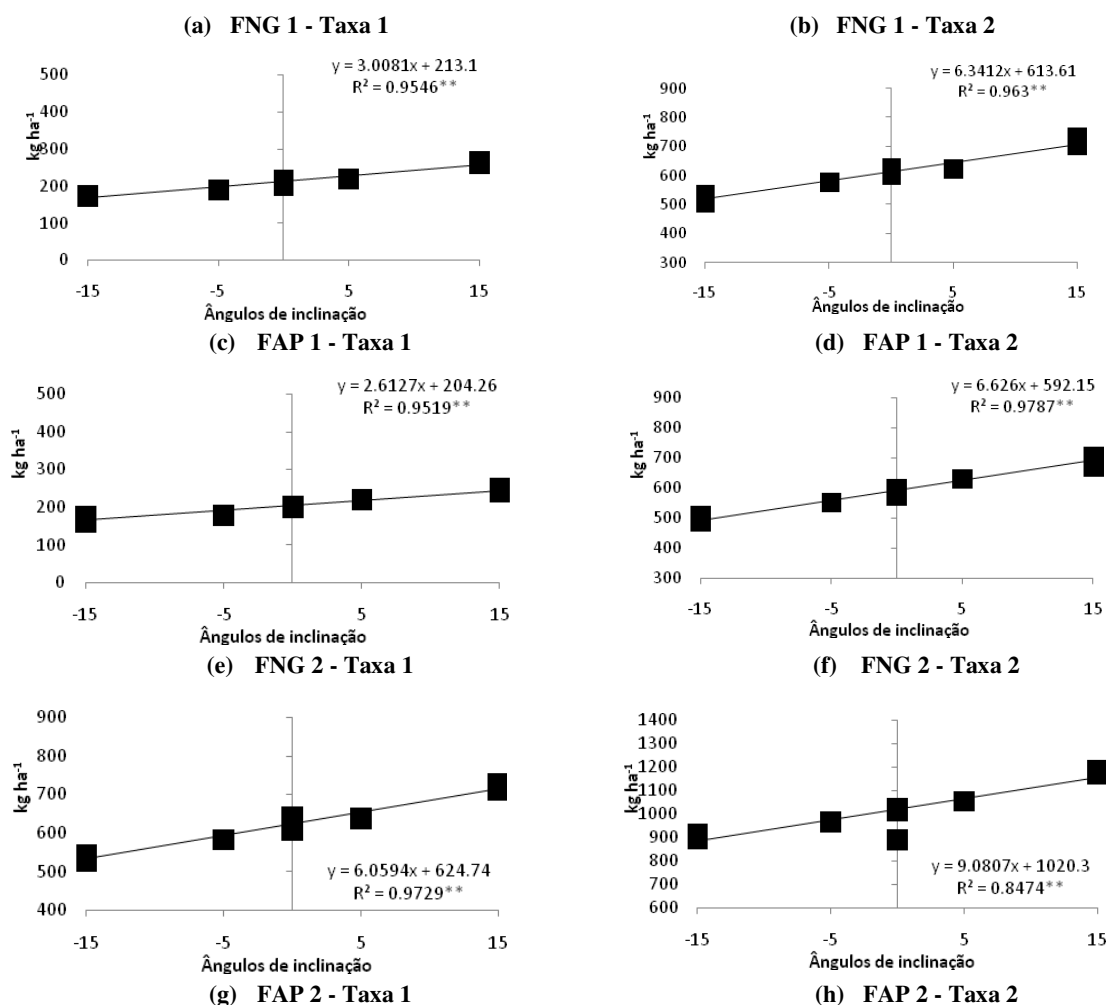
Avaliação de doses em inclinação longitudinal

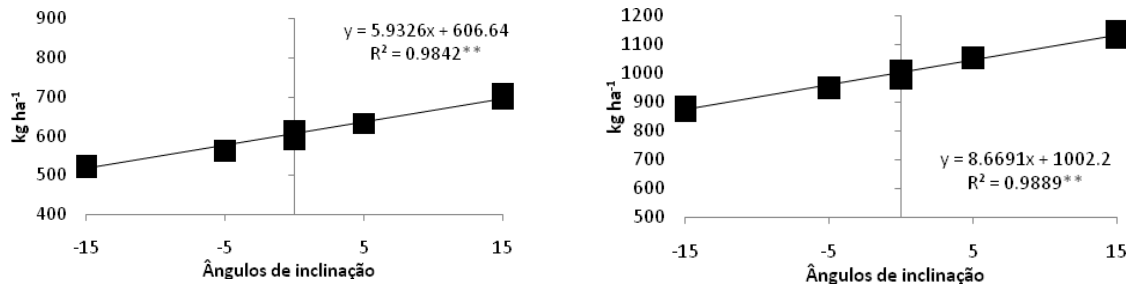
Os mecanismos que apresentaram as menores variações entre o máximo e mínimo (diferenças) foram: PLASDAP 1 e PROT 1, conseqüentemente o menor coeficiente de variação. Esses resultados comprovam a observação feita por Siqueira (2008), de que os equipamentos de dose não têm um grau de precisão apurado.

Tabela 4 - Estatística descritiva dos mecanismos dosadores de fertilizantes avaliados - Quantidade de fertilizante.

Mecanismos	Taxa 1					Taxa 2				
	Média	Máximo	Mínimo	Diferença	C.V.	Média	Máximo	Mínimo	Diferença	C.V.
	kg ha ⁻¹					kg ha ⁻¹				
FNG 1	213,1	267,3	172,1	95,2	15,6	613,6	733,6	508,1	225,5	11,4
FAP 1	204,3	251,5	160,2	91,4	14,2	592,1	704,0	488,1	215,9	12,2
FNG 2	624,7	727,8	529,5	198,4	10,6	1020,3	1185,7	890,7	294,9	10,4
FAP 2	606,6	708,2	522,2	185,9	10,6	1002,2	1148,0	871,0	276,9	9,4
JD 1	200,7	242,4	157,3	85,1	13,2	615,9	697,2	501,4	195,8	10,7
JD 2	618,3	668,1	569,9	98,3	4,8	1004,8	1098,0	916,1	181,9	5,4
SEM56 3/4	195,7	286,4	121,1	165,2	29,9	609,0	838,6	399,8	438,8	24,8
SEMAN 3/4	207,7	274,6	162,5	112,1	19,4	608,9	733,2	496,3	236,9	12,8
SEM25 1	196,4	315,5	113,6	201,9	35,7	630,3	872,9	412,7	460,2	25,3
SEMAN 1	207,8	281,8	159,0	122,8	21,3	621,7	796,7	514,5	282,2	16,5
SEM36 2	636,6	890,2	465,4	424,8	23,3	1025,2	1351,4	808,4	542,9	18,6
SEMAN 2	642,5	898,5	471,8	426,7	22,5	1029,5	1357,6	799,9	557,7	18,4
PLAN 3/4	213,0	340,9	112,9	228,0	37,2	643,4	909,4	430,2	479,2	26,1
PLAN 1	269,0	361,7	212,7	149,1	17,1	599,9	760,5	479,0	281,5	15,0
PLAN 2	610,8	723,0	509,3	213,7	12,0	1033,6	1219,6	866,7	353,0	11,3
PLASDAP 1	205,8	235,4	176,7	58,7	8,9	598,8	668,1	536,2	131,9	6,9
PLASA 1	202,2	234,2	172,5	61,7	10,5	605,0	659,7	544,3	115,4	6,5
PLASDAP 2	619,5	677,0	558,6	118,4	6,7	1012,0	1118,0	916,1	201,9	6,6
PLASA 2	615,9	737,3	529,5	207,8	11,8	1022,6	1167,8	886,8	281,0	9,0
PROT 1	223,8	260,1	200,6	59,6	8,2	635,7	703,3	588,9	114,4	5,7
PROTSEG 1	235,4	271,4	202,7	68,6	8,5	682,2	756,5	610,2	146,2	6,5
PROT 2	620,4	688,5	554,0	134,4	6,7	1003,4	1103,0	905,9	197,2	5,9
PROTSEG 2	619,4	716,7	535,7	181,0	8,2	1040,9	1184,1	914,4	269,7	7,4

Todos os mecanismos dosadores de fertilizantes foram influenciados pelos ângulos de inclinação a que foram submetidos no ensaio (Figura 1).





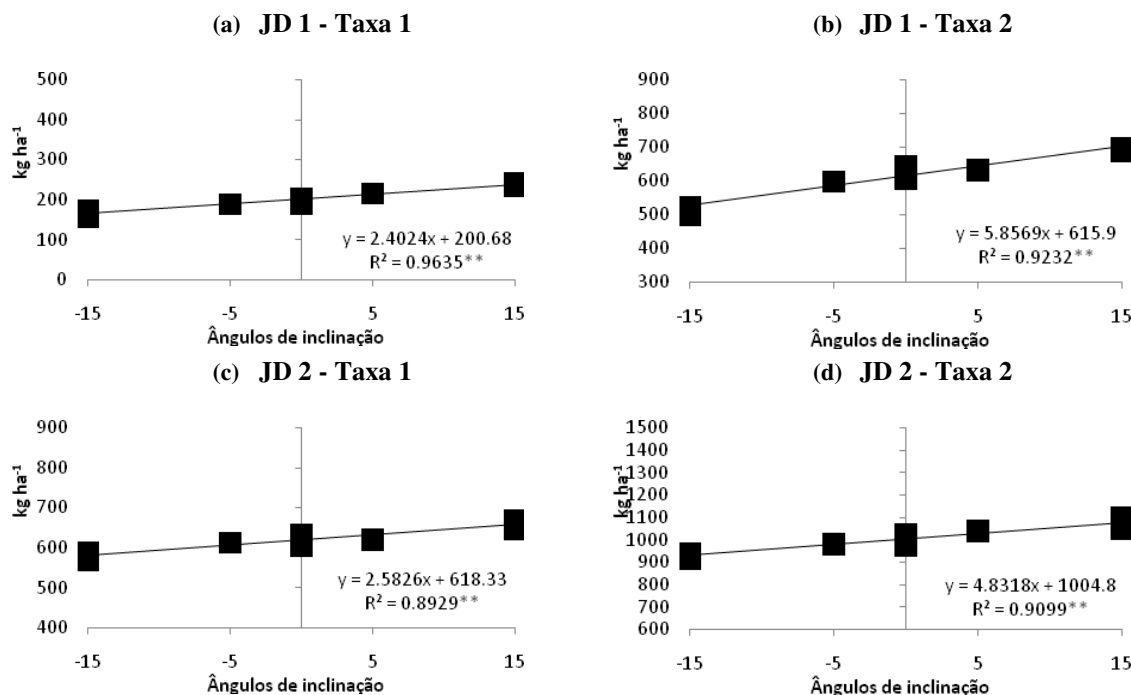
(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Figura 1 - Análise de regressão dos mecanismos dosadores de fertilizantes (a) e (b) FNG 1, 1" - taxas 1 e 2; (c) e (d) FAP 1,1" - taxas 1 e 2; (e) e (f) FNG 2,2" - taxas 1 e 2 e (g) e (h) FAP 2,2" - taxas 1 e 2 em função de diferentes inclinações longitudinais.

Analisando o gráfico de regressão do dosador helicoidal SEM25 1 (Figura 3e e 3f), observa-se que há um aumento no erro de dose de produto entre as taxas 1 e 2. Na taxa 1 a diferença de dose foi de 201,0 kg ha-1 e na taxa 2, sendo de 460,2 kg ha-1. Dados semelhantes foram encontrados por Ferreira et. al. (2010), quando se avaliou 5 inclinações longitudinais -10°; -5°; 0°; 5°; 10°, os resultados demonstraram que todas as inclinações proporcionaram variação significativa na dose em função da inclinação longitudinal de todos os dosadores estudados na ocasião.

existência de três doses definidas. Uma dose no plano (0° de inclinação longitudinal – o fertilizante não apresenta resistência mecânica em relação a gravidade) 204 kg ha-1, outra quando a semeadora esta operando no sentido de descida 160,2kg ha-1 (-15° de inclinação longitudinal - a rosca gira para empurrar o fertilizante para cima, maior resistência mecânica) e, por último, quando a semeadora estaria semeando no sentido de subida da rampa, têm-se a dose de 251,5 kg ha-1 (+15° de inclinação longitudinal - a rosca gira para empurrar o fertilizante para baixo, mais fluidez).

Utilizando o gráfico de regressão do mecanismo JD 1, exposto na Figura 2a, como exemplo, se observa a

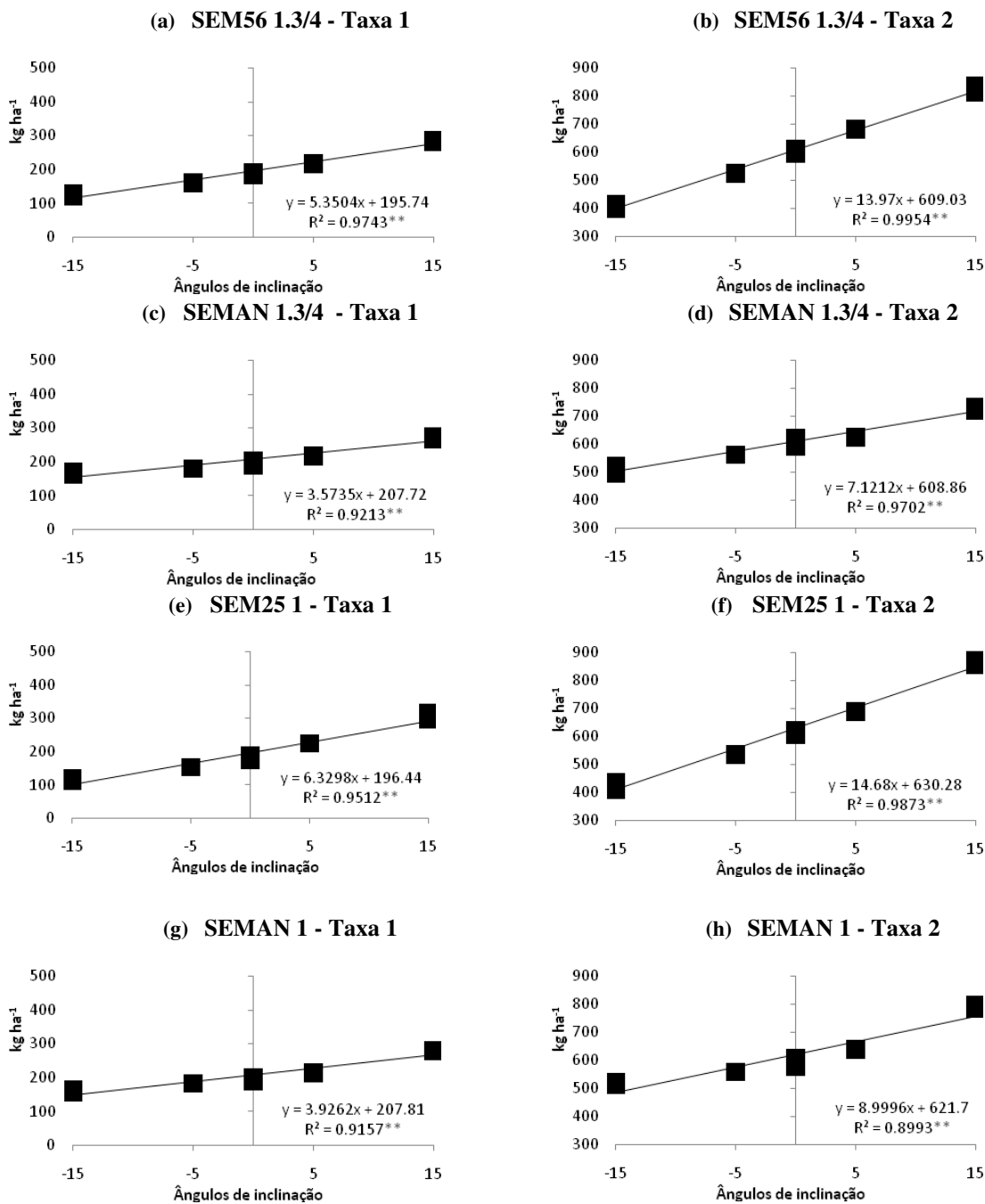


(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 2 - Análise de regressão dos mecanismos dosadores de fertilizantes (a) e (b) JD 1, 1" - taxas 1 e 2 e (c) e (d) JD 2, 2" - taxas 1 e 2 em função de diferentes inclinações longitudinais.

Os mecanismos SEM36 2 e SEMAN 2, taxas 1 e 2, apresentaram estatisticamente os mesmos erros de

dosagem, comprovando a ineficácia do modelo atual em relação ao anterior no quesito de precisão de dosagem.

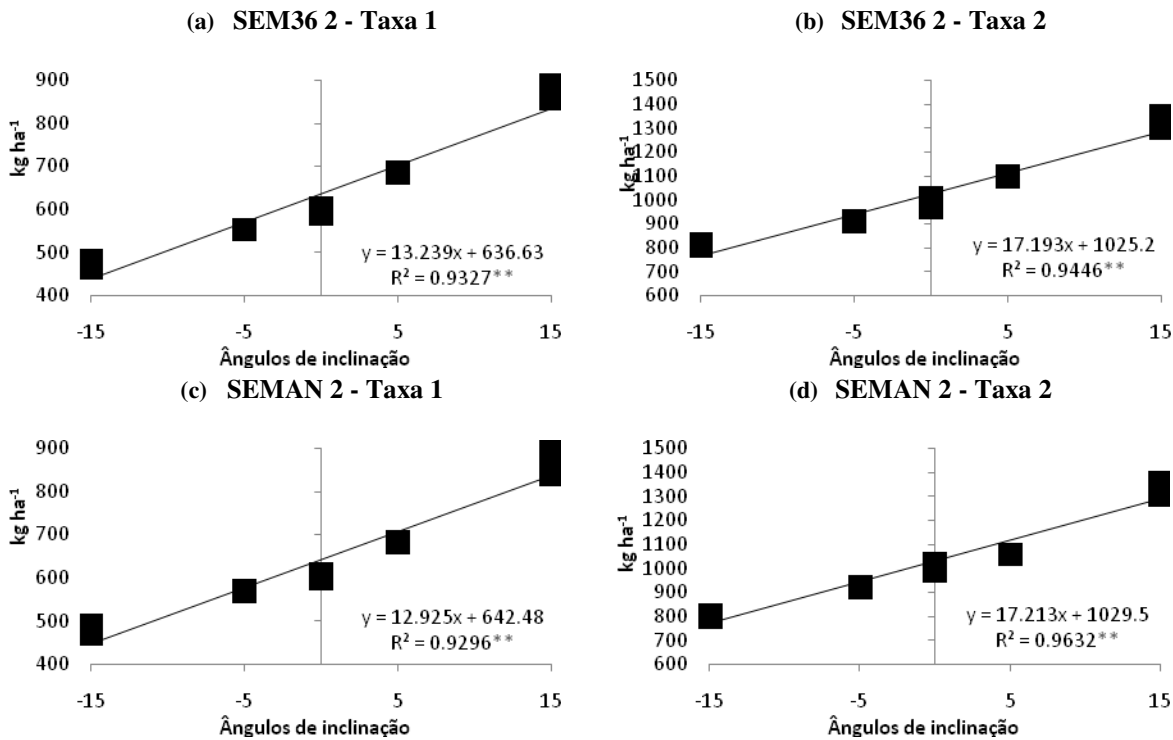


(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 3 - Análise de regressão dos mecanismos dosadores de fertilizantes (a) e (b) SEM56 1.3/4, 1.3/4" - taxas 1 e 2; (c) e (d) SEMAN 1.3/4, 1.3/4" - taxas 1 e 2; (e) e (f) SEM25 1, 1" - taxas 1 e 2 e (g) e (h) SEMAN 1, 1" - taxas 1 e 2 em função de diferentes inclinações longitudinais.

Alguns modelos demonstraram retrocesso na precisão de dose de produto (fertilizante). No caso do mecanismo SEMAN 2, a diferença entre o modelo antigo (SEMAN 2) e novo (SEM36 2), foi de 426,7 e 424,8 kg ha⁻¹ (Tabela 4) respectivamente (Figura 4a e 4c). Em trabalho realizado por Ferreira et al., (2010) comparando 4 mecanismos dosadores helicoidais, os maiores percentuais de variação ocorreram no passo de 25,4 mm (2") para os quatro dosadores quando considerados estes qualitativamente em

combinações de passo e mecanismo de liberação do fertilizante. Segundo Bica e Souza (2009), a vazão mássica dos dosadores de fertilizantes do tipo rotor helicoidal varia com a alteração da velocidade de rotação e, com o passo de rosca do helicóide. Contudo, o que se pode afirmar, é que a maior variação do volume é causada pelas inclinações longitudinais, apresentando em alguns casos erros inadmissíveis do ponto de vista de engenharia e fertilidade.

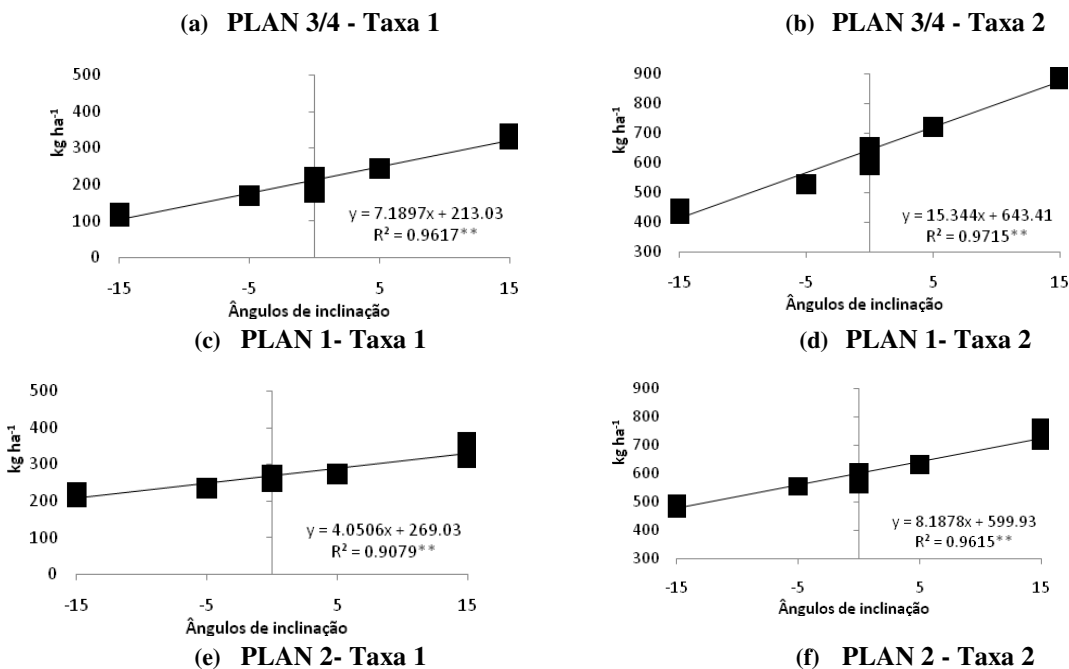


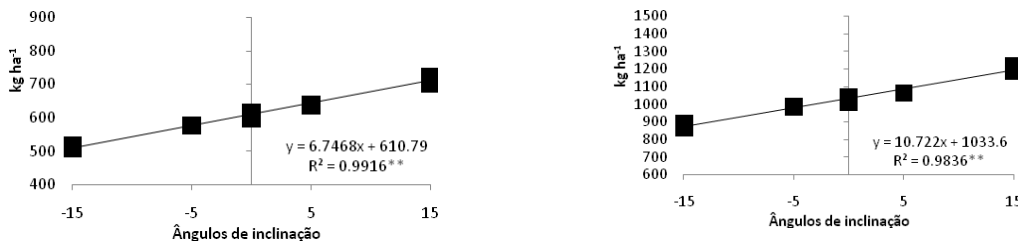
(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Figura 4 - Análise de regressão dos mecanismos dosadores de fertilizantes (a) e (b) SEM36 2, 2" - taxas 1 e 2 e (c) e (d) SEMAN 2, 2" - taxas 1 e 2 em função de diferentes inclinações longitudinais.

Verifica-se que o mecanismo helicoidal PLAN ¾ apresentou a maior diferença em entre as taxas (Figura 5). A diferença observada foi de 228,0 kg ha⁻¹ e CV de 37,8% para a taxa 1 e de 479,2 kg ha⁻¹ e CV de 26,1% para a taxa 2. Este mecanismo é tido no mercado como mecanismo "genérico", sendo o mais barato atualmente. Em contrapartida, o mesmo não possui confiabilidade de dose. Observa-se a falta de itens que poderiam contribuir para um melhor desempenho do equipamento, tais como: barreira para estabilização do fluxo do fertilizante,

helicoidal com maior profundidade e menor folga entre o helicóide e o corpo do mecanismo e etc. Em trabalho realizado por Bedinet al. (2010), avaliando as variações na distribuição de Cloreto de Potássio (60% de potássio) com dois modelos de dosadores, em cinco inclinações longitudinais, (-10°, -5°, 0°, 5° e 10°) e em duas velocidades, 60 e 90 rotações por minuto, os resultados demonstraram que as maiores inclinações longitudinais (-10° e 10°) provocaram as maiores alterações na vazão mássica dos dosadores.





(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

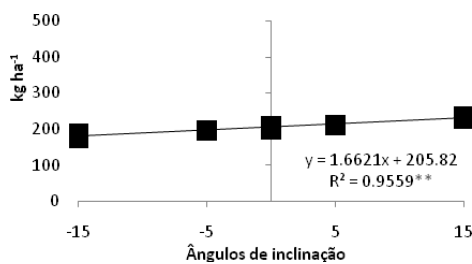
Figura 5 - Análise de regressão dos mecanismos dosadores de fertilizantes: (a) e (b) PLAN 3/4, 3/4" - taxa 1 e 2; (c) e (d) PLAN 1, 1" - taxa 1 e 2 e (e) e (f) PLAN 2, 2" - taxa 1 e 2 em função de diferentes inclinações longitudinais.

Os dosadores de fertilizantes PLASDAP 1, PLASA 1, PLASDAP 2 e PLASA 2 apresentaram até o momento, os melhores desempenhos (Figura 6). O bom desempenho

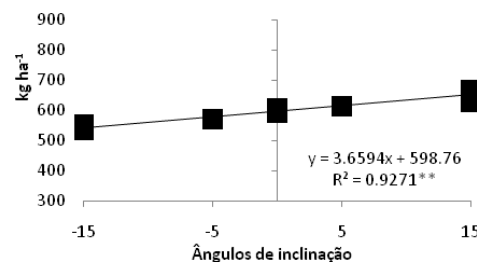
se deve, ao tipo de helicóide. Os mecanismos possuem helicóide sólido, conferindo maior precisão de dose, quando estes, trabalham com inclinações.

(a) PLASDAP 1 - Taxa 1

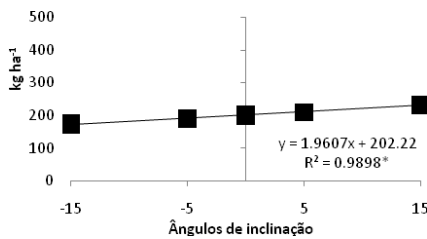
(b) PLASDAP 1 - Taxa 2



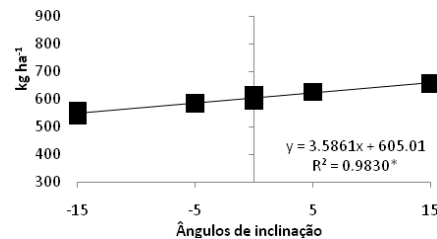
(c) PLASA 1 - Taxa 1



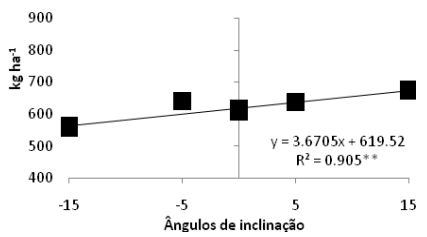
(d) PLASA 1 - Taxa 2



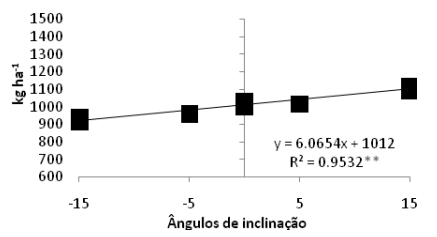
(e) PLASDAP 2 - Taxa 1



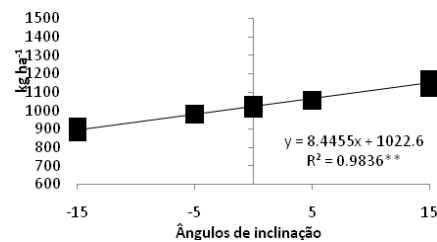
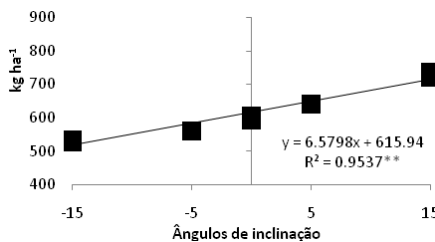
(f) PLASA 2 - Taxa 2



(g) PLASA 2 - Taxa 1



(h) PLASA 2 - Taxa 2

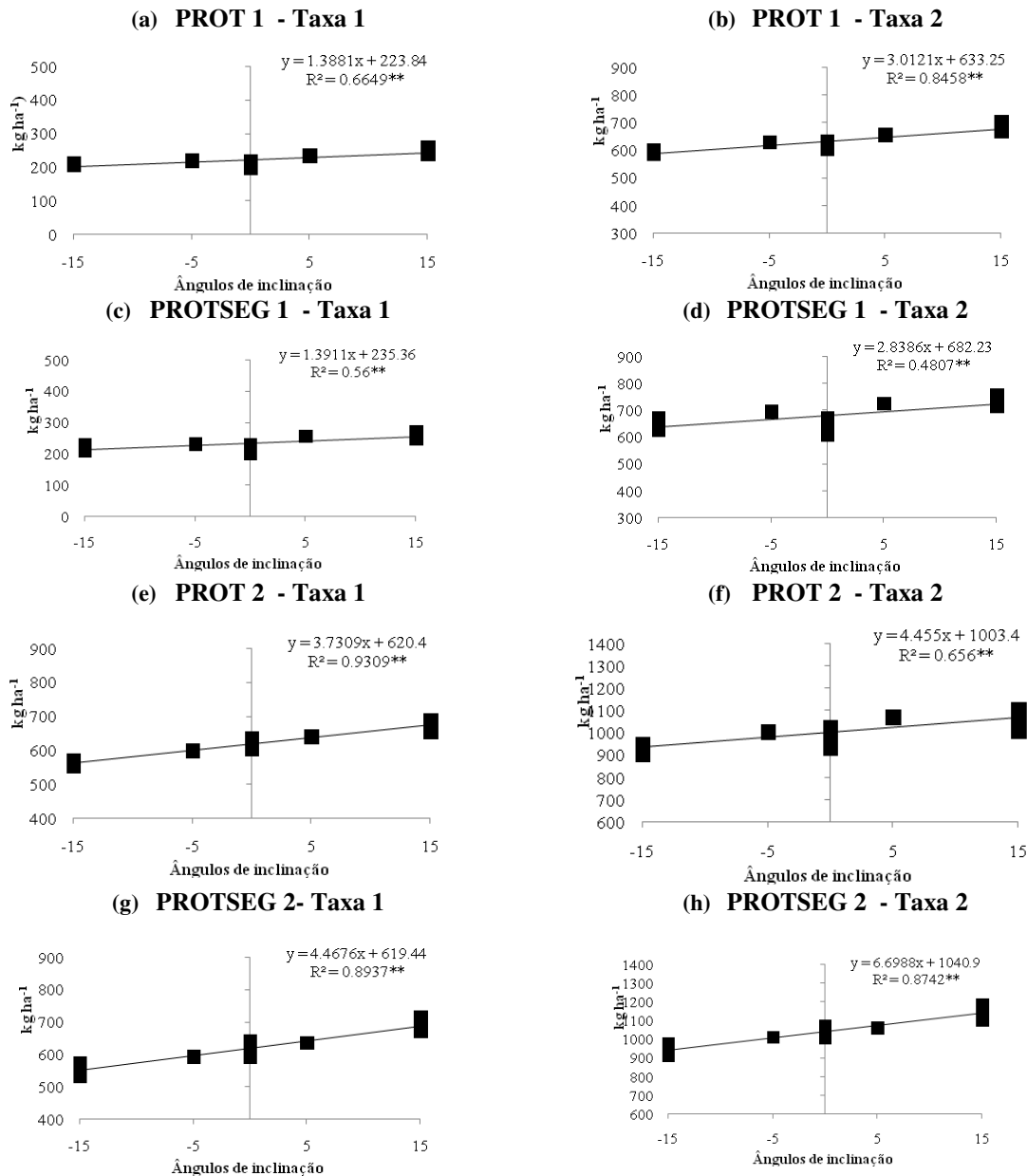


(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Figura 6 - Análise de regressão dos mecanismos dosadores de fertilizantes (a) e (b) PLASDAP 1, 1" - taxas 1 e 2, (c) e (d) PLASA 1, 1" - taxas 1 e 2, (e) e (f) PLASDAP 2, 2" - taxas 1 e 2 e (g) e (h) PLASA 2, 2" - taxas 1 e 2 em função de diferentes inclinações longitudinais.

Como podem ser observados no gráfico da Figura 7 (inclinações das linhas de regressões) e ratificados pelos dados da Tabela 4, os resultados dos protótipos foram satisfatórios, obtendo bons resultados quando comparados

aos demais mecanismos. Como exemplo, tem-se a diferença na dose utilizando o protótipo helicoidal de 1" (PROT 1), sendo que a mesma foi de 59,6 e 114,4 kg ha⁻¹ para as taxas 1 e 2, respectivamente.



(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Figura 7 - Análise de regressão dos mecanismos dosadores de fertilizantes (a) e (b) PROT 1, 1" - taxas 1 e 2; (c) e (d) PROTSEG, 1" - taxas 1 e 2; (e) e (f) PROT 2, 2" - taxas 1 e 2 e (g) e (h) PROTSEG 2, 2" - taxas 1 e 2 em função de diferentes inclinações longitudinais.

A inclinação da curva de regressão diminuiu consideravelmente em relação aos demais helicoidais testados, apresentando menor variação de dose nos ângulos de -5 e +5°, quando comparado aos demais mecanismos. Um problema identificado nos mecanismos comerciais, diz respeito aos espaços (folgas) entre a rosca e o corpo dos mecanismos, e também os espaços no centro da rosca "helicóide vazado", onde acaba por

escorrer o fertilizante "produto", quando as semeadoras estão operando em inclinações (+15°).

Avaliação de doses em inclinação transversal

As menores diferenças de dose foram observadas nos mecanismos FAP 2, com respectivos 3,93 e 3,03 kg ha⁻¹, taxas 1 e 2, respectivamente (Tabela 5). O mecanismo que apresentou a maior diferença de dose foi o PROTSEG 2, com média de 56,4 kg ha⁻¹.

Tabela 5 - Diferenças observadas nas diferentes inclinações transversais.

Mecanismos	Diferença (kg ha ⁻¹)	
	Taxa 1	Taxa 2
FNG 1	4,09	21,82
FAP 1	4,09	22,83
FNG 2	6,90	39,26
FAP 2	3,93	3,03
JD 1	8,02	17,61
JD 2	15,98	39,03
SEM56 1.3/4	1,12	6,67
SEMAN 1.3/4	6,95	4,04
SEM25 1	6,45	13,12
SEMAN 1	2,24	9,31
SEM36 2	2,92	9,03
SEMAN 2	16,66	25,01
PLAN 3/4	21,65	36,29
PLAN 1	22,55	29,28
PLAN 2	7,29	12,56
PLASDAP 1	9,03	23,61
PLASA 1	3,25	11,67
PLASDAP 2	1,57	10,09
PLASA 2	0,22	21,93
PROT 1	3,87	9,98
PROTSEG 1	13,52	23,89
ROT 2	23,33	3,48
PROTSEG 2	42,29	70,55

Analisando-se a taxa 1, têm-se o menor erro observado pelo mecanismo PLASA 2 com 0,22 kg ha⁻¹. As características construtivas (eixo sólido, folgas mínimas entre o eixo e o corpo do mecanismo), conferem os bons resultados apresentados, não somente nos ângulos transversais, como nos longitudinais, porém, este tipo de mecanismo apresenta maior dificuldade no sistema de autolimpeza, podendo apresentar entupimentos do sistema, quando utilizados fertilizantes úmidos. Os mecanismos JD 1 e JD 2 diferem dos demais, pois, possuem comporta de estabilização de fluxo na lateral, apresentando um aumento do erro de dose, quando operados em inclinações transversais.

Classificação geral dos mecanismos dosadores

Os coeficientes de variação, obtidos para os mecanismos dosadores de fertilizantes, do tipo helicoidal, avaliados no ensaio, foram classificados por Gomes (1990), como: baixos, quando inferiores a 10%; médios, entre 10 e 20%; altos, quando estão entre 20 e 30%; e muito altos, quando são superiores a 30%. Na primeira classe (CV baixo) têm-se os mecanismos JD 2, PLASDAP 2, PROT 1, PROT 2, PROTSEG 1, PROTSEG2, PLASDAP 1 e FAP 2 (Figura 8).

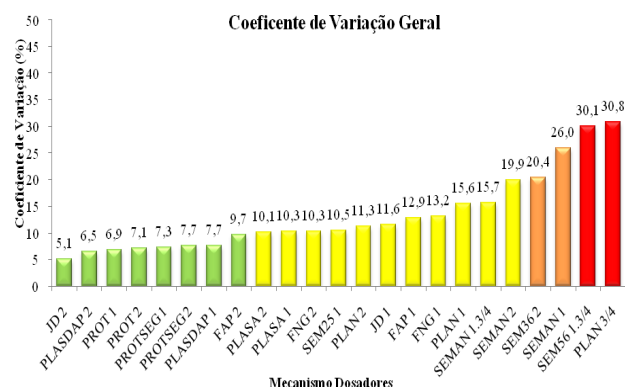


Figura 8 - Coeficiente de variação obtido para os mecanismos dosadores de fertilizantes: verde - classe 1 (CV < 10%); amarelo - classe 2 (CV > 10 e < 20%); laranja classe 3 (CV > 20%) e vermelho classe 4 (CV > 30%).

De acordo Portella et al., (1998), o coeficiente de variação indica o percentual de irregularidade de uma determinada variável observada. Sendo assim, quanto menor o seu valor, melhor é o desempenho do mecanismo. Nesse sentido apenas 8 mecanismos obtiveram coeficiente de variação menor que 10%, como apresentado na Figura 8.

Outro fato observado é a presença dos protótipos na primeira classe, com valores de coeficiente de variação da ordem de 7,7%, demonstrando desempenho excelente, quando analisado o protótipo como um todo. Outra vantagem do uso do protótipo é seu custo de fabricação. Em grande quantidade (acima de 10 peças), seu valor é de aproximadamente R\$ 50,00, se tornando uma opção economicamente viável quando comparado aos demais, cujos preços variam de R\$ 40,00 a R\$ 96,00 por unidade, apresentando, além disso, qualidade e precisão nas doses.

4 CONCLUSÃO

Todos os mecanismos dosadores de fertilizante apresentaram erros na dose de fertilizante, submetidos a simulações de trabalhos em inclinações longitudinais.

Os ângulos de inclinação positivos, +5 e +15° apresentaram os maiores erros de dose.

As inclinações transversais apresentaram menor variação de dose. A proposta de protótipo de helicóide dosador de fertilizante obteve baixo coeficiente de variação.

Os mecanismos com passo de 2 polegadas apresentaram os menores erros de dose de fertilizantes. Em contrapartida, os mecanismos com os menores passos de rosca apresentaram as maiores variações de dose, quando submetidos às inclinações longitudinais e transversais.

5 REFERENCIAS

- ALTMANN, A. S.; BONOTTO, G. J.; BEDIN, P. R.; SILVEIRA, H., A. T.; CARPES, D. P.; DIAS, V. O.; MONTEMEZZO J.; ALONÇO, A. dos S. Metodologia para avaliação dos mecanismos dosadores de fertilizantes em semeadoras-adubadoras. In: SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 14. 2010, Santa Maria, RS. **Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão – SEPE**. Santa Maria, RS: Centro Universitário Franciscano, 2010. 16-17 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR5776: 80** Fertilizantes corretivos e condicionadores de solo. Rio de Janeiro, 1994. 5p.
- BEDIN, P. R., ALONCO, A. DOS S., DIAS, V. DE O., RIST, G. P., CARPES, D. P., BONOTTO, G. J, Avaliação do desempenho de dois dosadores de fertilizante do tipo rotor helicoidal. **Anais 25ª Jornada Acadêmica Integrada - JAI (2010)**. Universidade Federal de Santa Maria, RS. <http://portal.ufsm.br/jai2010/anais/trabalhos/trabalho_1041211100.htm> Acesso em 06/02/2013.
- BICA, M. R. R.; SOUZA, E. A. C. Medição de vazão mássica para adubos sólidos em sistemas de Adubação a taxas variáveis. **Anais III Seminário da Pós-Graduação em Engenharia Mecânica**. Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho. Bauru, SP. 2009. Disponível em: <http://www2.feb.unesp.br/pos/seminario/IIISeminario/anais/AC-MarcosBica.pdf>. Acessado em 23 Jun. 2011. 11p.
- BRANDT, M. A. **Projeto conceitual de um dosador de fertilizante granulado**. 2010. 67 f. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Mecânica. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ. Panambi, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Laboratório Nacional de Referência Vegetal. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais**. Brasília: LANARV, 1988. 141 p. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/in_28_07_anexo.pdf. Acesso em 01/02/2013.
- CASÃO jr, R.; RALISCH, R. ; ARAÚJO, A. G.; MEDEIROS, G. B.; MONICE, R.; SIQUEIRA, R.; SILVA, A. L.; LADEIRA, A. S.; SILVA, J. C.; MACHADO, P.; ROSSETTO, R. **Desempenho das semeadoras-adubadoras MPS 16000 e MPS 1000 imasa em solos argilosos**. Londrina: IAPAR, 2000. (Circular 111) ilustr. IAPAR. 44p.
- FERREIRA, M. F. P.; DIAS, V. O.; OLIVEIRA, A.; ALONÇO, A. S.; BAUMHARDT, U. B. Uniformidade de vazão de fertilizantes por dosadores helicoidais em função do nivelamento longitudinal. **Engenharia na agricultura**, Viçosa - MG, V.18 N.4, julho / agosto 2010. 297-304 p.
- FERREIRA, M. F. P.; Oliveira, A.; Machado, R. L. T.; Reis, A. V.; Machado, A. L. T. Desempenho de distribuidores de adubo tipo rosca sem fim por transbordo e por gravidade em função do nivelamento longitudinal do dosador **TECNO-LÓGICA**, Santa Cruz do Sul, v. 11, n. 1 e 2, p. 37-40, jan./dez. 2007.
- GARCIA, A. P. **Desenvolvimento de um sistema de controle eletromecânico para dosador de fertilizantes** / Angel Pontin Garcia. - Campinas, SP: [s.n.], 2007.
- GOMES, P. F. **Curso de estatística experimental**. 13 ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.
- PERCHE FILHO, A.; CASTIONE, G.; STORINO, M. Avaliação da qualidade de distribuição reduzida de fertilizantes para milho. In: **29º CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**. Águas de Lindóia, SP. CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. Águas de Lindóia, SP: [s.n.], 2012.
- PORTELLA J- A.; SATTLER, A; FAGANELLO, A. Regularidade de distribuição de sementes e de fertilizantes em semeadoras para plantio direto de trigo e soja. **Engenharia Agrícola**, v. 17 (4), 1998. p.57-64.
- SIQUEIRA, R. Milho: semeadoras-adubadoras para sistema plantio direto com qualidade. In: **27º Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. Londrina, PR. **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. Londrina, PR. 2008. 34 p.