

Velocidade certa

Na agricultura de precisão a velocidade de deslocamento é um dos fatores determinante no planejamento das operações. Estudo avalia sensores comerciais usados na aferição em campo

O conhecimento da velocidade correta é fundamental para o gerenciamento da qualidade de operações como a semeadura, a pulverização, a colheita, o preparo do solo etc. Além disso, no trator, a velocidade influencia diretamente no requerimento de potência, na patinação das rodas motrizes e na eficiência de tração, dentre outros.

Na distribuição de insumos, em geral, a

velocidade de deslocamento se torna indispensável para que ocorra a correta dosagem de calcário, fertilizantes e defensivos. Com o advento das práticas de aplicação de insumos em taxa variada como função da variabilidade espacial da demanda, associado a práticas de agricultura de precisão com auxílio de controladores, a detecção da velocidade passou a ser ainda mais importante, pois é um dos componentes da definição da

dosagem.

CONTROLADORES ELETRÔNICOS

No gerenciamento das operações agrícolas os tempos e as distâncias têm importância crescente, na medida em que as técnicas de otimização logística passam a ser adotadas rotineiramente e sensores de velocidade associados a um sistema de coleta e registro de dados são recursos indispensá-



John Deere

Figura 1a - Sensor de radar de velocidade modelo DjRVS II, da marca Dickey John



veis nesse processo. Os sistemas mecanizados mais avançados contam com monitores ou controladores eletrônicos, que utilizam a velocidade obtida por meio de radares ou sensores ópticos ou magnéticos ligados às rodas dos tratores.

O princípio de funcionamento do radar se baseia no efeito Doppler, que estabelece que, quando uma onda se propaga num meio qualquer e se reflete em algum objeto móvel, será refletida e terá uma frequência diferente da onda incidente. Já foi comprovado por estudos que os sensores baseados em radares sofrem influência do tipo de superfície em que estão atuando, justamente por conta da rugosidade dessa superfície.

Os sensores magnéticos funcionam a partir de contatos ferro-magnéticos presos à roda do trator que geram pulsos induzidos pelo campo magnético de um ímã. De forma semelhante, os sensores óticos funcionam a partir de uma fonte de luz fixa e de interrupções físicas, como dentes de uma roda presa ao elemento que gira (roda do trator).

Com a popularização dos receptores de GPS, eles passaram a ser utilizados para a determinação da velocidade, que é calculada a partir do desvio na frequência (o mesmo efeito Doppler) do sinal vindo de cada satélite. O desvio de frequência é proporcional à velocidade relativa entre a antena do receptor e o satélite.

SENSORES A CAMPO

Recentemente um estudo foi realizado no Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP/Esalq) em Piracicaba (SP), para avaliar alguns desses sensores de velocidade comerciais. O estudo avaliou quatro diferentes tipos de equipamentos: sensor de radar de velocidade modelo DjRVS II da marca Dickey John® (Figura 1a), sensor de radar de velocidade modelo RGSS-201 da marca Mid-Tech® (Figura 1b), um receptor de GPS como sensor de velocidade, modelo SV18GPS, desenvolvido pela Auteq, fixado no toldo do trator (Figura 1c) e um sensor óptico com 240 pulsos por volta, marca Hohner®, fixado na roda dianteira direita do trator (Figura 1d) e considerado como referência. Os dois sensores tipo radar foram fixados um de cada lado do trator, próximo ao eixo dianteiro.

Todos os equipamentos foram instalados seguindo as recomendações técnicas dos fabricantes e com uma corrente de alimentação de 12V. Para aquisição dos dados de tem-

po e número de pulsos de cada sensor, foi utilizado um cronodômetro, montado em uma bancada de instrumentação acoplada no engate de três pontos do trator (Figura 2).

Como a superfície do solo e suas condições de cobertura influenciam o desempenho especialmente dos radares, escolheram-se dois tipos distintos para essa superfície: cobertura vegetal e asfalto. Da mesma forma, como o GPS tem um “atraso” no tempo de resposta, trabalhou-se sob acelerações e desacelerações, e, como ele mede distâncias horizontais, também se utilizaram aclives e declives, sempre em velocidades representativas para aplicações agrícolas.

A calibração dos sensores foi realizada em superfície asfáltica e em percurso reto. Foi demarcado o espaço de 30 metros a ser percorrido pelo trator, entre duas balizas posicionadas no início e no final do percurso. O trator estava equipado com um sensor fotoelétrico de feixe duplo com alinhamento a laser (modelo DT-30 marca D'Tech®), possuindo um ajuste de velocidade de disparo de 50 ms. Ao passar pela primeira baliza, o dispositivo é acionado por meio de um relé que dispara o cronodômetro, e ao passar pela segunda baliza o dispositivo é desacionado. Utilizaram-se cinco repetições para as velocidades de 6, 11 e 15 km/h, obtidas a partir do escalonamento de marchas do trator. Com o número de pulsos obtido para cada sensor, dividido pelo espaço percorrido de 30 m, obteve-se o número de pulsos por metro.

Para o cálculo da velocidade média, foi utilizado o número de pulsos por metro obtidos na calibração com o número de pulsos

do cronodômetro, obtendo-se a distância considerada para cada sensor. Com a distância e o tempo do cronodômetro, calculou-se a velocidade média de cada sensor, e durante os testes foram utilizados os mesmos equipamentos da calibração.

Na superfície de asfalto, os testes foram realizados com o trator sob velocidade constante, acelerações, desacelerações, aclives e declives. No solo com cobertura vegetal, os sensores foram ensaiados apenas sob velocidade constante. Em todos os ensaios uti-



Figura 1b - Sensor de radar de velocidade modelo RGSS-201, da marca Mid-Tech



Figura 1c - Receptor de GPS como sensor de velocidade, modelo SV18GPS, da Auteq



Figura 1d - sensor óptico com 240 pulsos por volta, marca Hohner, fixada na roda dianteira direita do trator

lizou-se uma extensão de 30 metros, e para estabilização da velocidade foi adotada uma distância de 45 metros antes da primeira baliza.

No teste sob velocidade constante utilizaram-se quatro velocidades para a condição de solo coberto (2, 6, 11, e 15 km/h) e três velocidades para a condição de asfalto (11, 16, e 20 km/h). No teste de aceleração utilizou-se um espaço de 0,5 m, antes da primeira baliza, para a partida do trator da posição parada, e a partir de então a velocidade permanecia crescente em todo o percurso.

A desaceleração foi realizada com o trator sob velocidade constante, retornando a alavanca do acelerador para posição mínima imediatamente após a passagem do trator pela primeira baliza. Em todo o percurso o trator permaneceu em velocidade decrescente, passando na segunda baliza com uma velocidade próxima à nula. Para aclives e declives utilizou-se uma rampa com inclinação longitudinal de aproximadamente 9%.

Analisou-se o erro da velocidade indicada em cada sensor, considerando que, para o sensor de GPS, a distância medida é equivalente à projeção horizontal, o que pode causar distorção no valor estimado da velocidade, interferindo na medição da distância. Em função da rampa as velocidades obtidas foram de 6, 11 e 16 km/h para aclives e declives.

Figura 2 - Bancada de instrumentação acoplada ao sistema hidráulico de três pontos do trator



Molin fala do desempenho de radares e de GPS como sensores de velocidade em máquinas agrícolas

Para situação de solo coberto, o ensaio foi realizado em uma área em que havia sido colhido milho para silagem seis meses antes. Durante o teste evitou-se a repetição do tráfego do trator no mesmo percurso para não causar deformação na vegetação.

RESULTADOS OBTIDOS

Nas condições de solo com cobertura vegetal observou-se ausência de diferença significativa nas velocidades indicadas por todos os sensores para as velocidades nominais de 2 e 11 km/h. Já nas velocidades de 6 e 15 km/h, o sensor óptico apresentou velocidade inferior quando comparado com os radares, não apresentando diferença significativa com o sensor de GPS. Nessas velocidades o radar Dickey John indicou velocidade maior que o radar Mid-Tech. Nessas

condições de cobertura, os sensores tipo radar demonstraram ser influenciados pela irregularidade da superfície.

Na condição de velocidade constante em superfície asfáltica, aclive e declive, não foi encontrada diferença significativa entre os sensores analisados. Já na condição de aceleração o sensor de GPS apresentou erro na ordem de 41% inferior em relação à velocidade nominal. Em desaceleração, também em superfície asfáltica, apenas o sensor óptico e o sensor de radar Mid-Tech não apresentaram diferença significativa na velocidade indicada. O sensor de GPS apresentou velocidade média 18% superior em relação à velocidade nominal.

O que se observou é que o sensor de GPS apresentou um retardo na obtenção de velocidades na situação de aceleração e desaceleração, e essa diferença está relacionada ao processamento de dados que geram o sinal de velocidade, por conta do algoritmo interno do receptor. Isso, de alguma forma, deve ser corrigido ou compensado, para não comprometer significativamente a qualidade de operações dependentes da velocidade, especialmente nas bordas dos talhões, onde as máquinas apresentam mudanças acentuadas na velocidade em função de manobras. Alguns dos novos sensores tipo GPS já contornam esse problema, e a velocidade, mesmo em acelerações e desacelerações, vem sendo mais acertada. 

**José Paulo Molin,
Adriano B. M. Souza,
Gustavo Fontana e
Gustavo K. Nagumo,
USP/Esalq**

