

## **ERROS DE PERCURSO EM CARRETAS DE TRANSBORDO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

**BRUNA PESSOA PASSALAU<sup>1</sup>, JOSÉ PAULO MOLIN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Mestranda do programa de Eng. de Sistemas Agrícolas, Depto. Engenharia de Biosistemas, USP/ESALQ, Piracicaba – SP, Fone: (18) 99797-7698, bpassalaua@usp.br

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Professor, Lab. de Agricultura de Precisão, Depto. Engenharia de Biosistemas, USP/ESALQ, Piracicaba – SP.

Apresentado no  
**Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão- ConBAP 2018**  
*Curitiba, Paraná, 2 a 4 de outubro de 2018*

**RESUMO:** A necessidade de exatidão no tráfego de máquinas canavieiras impulsionou a adoção de sistemas de direcionamento automático para a otimização do tráfego, que também são usados nos tratores que tracionam carretas de transbordo. Esses conjuntos são longos e articulados, o que torna seu desempenho e benefícios questionáveis quanto aos alinhamentos em percursos curvos e lateralmente inclinados. Deste modo, este trabalho objetivou quantificar os desvios a que os tratores e carretas de transbordo estão submetidos em percursos retos e curvos com diferentes inclinações. Utilizou-se do sistema de transporte interno composto por um trator e duas carretas de transbordo com três eixos e equipados com receptores GNSS e sistema de correção tipo RTK para a obtenção de suas respectivas posições. Os erros entre as passadas foram avaliados pela diferença da distância ortogonal entre os pontos de posição das antenas em relação à linha referência. Em percursos retos o último eixo do segundo transbordo desalinhou na ordem de 0,326 m com inclinação lateral média de 2%, crescendo para 0,908 m para percurso reto e inclinação de 9% e 1,214 m em percurso curvo, representando erros muito acima do aceitável. Nas condições desse estudo observou-se que os erros de desalinhamento para o trator são fortemente associados à inclinação lateral do terreno.

**PALAVRAS-CHAVE:** desvios laterais, direcionamento automático, controle de tráfego

### **PATH ERROR IN SUGARCANE TRANSSHIPMENT TRAILERS**

**ABSTRACT:** The need for accuracy in the traffic of sugar cane machines drove the adoption of automatic guidance systems for traffic optimization. However, tractors with transshipment trailers usually do not use or use simplified systems. Thus, this work aimed to quantify the deviations to which tractors and transshipment trailers are submitted in straight paths with different inclinations. The internal transport system consisted of a tractor and two transshipment trailers with three axes and equipped with GNSS receivers and a RTK correction system to obtain their respective positions. The errors between the passes were evaluated by the difference of the orthogonal distance between the position points of the antennas in relation to the reference line. In straight tracks, the last axis of the second transshipment trailer out on the order of 0.326 m with an average lateral inclination of 2%, increasing to 0.908 m for straight course and 9% slope and 1,214 m in a curved path, representing errors well above acceptable. Under the conditions of this study it was observed that the misalignment errors for the tractor are strongly associated with the lateral slope of the terrain.

**KEYWORDS:** lateral deviation; automatic steering; controlled traffic

### **INTRODUÇÃO**

A mecanização agrícola tem sido um dos elementos essenciais dos avanços tecnológicos e sua inserção na lavoura de cana-de-açúcar promove ganhos no sistema de produção, especialmente na eficiência da mão-de-obra. No entanto, o intenso tráfego de veículos nas áreas de produção acarreta problemas, como a compactação do solo e danos causados às soqueiras.

O tráfego de máquinas nos sistemas de produção da cana-de-açúcar deve ser evitado para assegurar a integridade fisiológica da rebrota e das produtividades decorrentes dela (PAULA & MOLIN, 2013). Portanto, o tráfego dos rodados de máquinas sobre áreas recém-colhidas deve seguir de maneira exata as

entrelinhas da cultura. Este processo se torna mais desafiador devido à limitada margem de desalinhamentos permitidos para se evitar danos ao sistema radicular (BAIO & MORATELLI, 2011; SPEKKEN et al., 2014), calculada a partir da distância entre o final do rodado e o início da área de desenvolvimento, modificando-se de acordo com as dimensões dos equipamentos utilizados.

A necessidade de exatidão no tráfego de máquinas canavieiras impulsionou a adoção de tecnologias que pudessem otimizar o deslocamento dos conjuntos mecanizados nas lavouras. Paralelamente, com o desenvolvimento e evolução dos sistemas de orientação, direção automática e robótica, maior esforço tem sido direcionado ao planejamento de percursos (KEICHER & SEUFERT, 2000; CARIOU et al., 2010). Para os tratores que executam o plantio e para as colhedoras, sistemas de direcionamento automático já vem sendo utilizados; porém, para os tratores com carretas de transbordo, tal recurso, quando é adotado, utiliza tecnologia com menor exatidão de posicionamento. Os conjuntos formados por trator tracionando uma ou duas carretas de transbordo são longos e articulados, o que torna o desempenho da direção automática questionável.

De acordo com Veiga Filho et al. (2004) e Braunbeck & Magalhães (2006), a declividade do terreno é um fator limitante para a mecanização das áreas, já que declividades superiores a 12% limitam o deslocamento das máquinas agrícolas dentro das áreas de produção de cana. O desempenho dos sistemas de direcionamento automático é associado aos erros transversais à trajetória. Estes podem ser atribuídos a fatores como dinâmica dos veículos, erro de posicionamento, tipo de máquina, ambiente da operação, qualidade do sinal GNSS, etc. (EASTERLY et al., 2010). Sendo assim, o trabalho tem por objetivo quantificar os desvios a que os tratores e carretas de transbordo estão submetidos em percursos retos e com diferentes inclinações, a partir da obtenção dos desvios de cada parte do conjunto.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma área de produção de uma usina de cana-de-açúcar, localizada no oeste do estado de São Paulo, com latitude de 20°45'20" S e longitude de 50°34'08" W. Escolheu-se duas áreas de primeiro corte, com plantio realizado em linhas simples e espaçamento de 1,50 m, contemplando diferentes declividades e percursos. Estas tinham suas linhas de plantio previamente projetadas a partir do levantamento topográfico e planialtimétrico do terreno. As colhedoras estavam com o sistema de direcionamento automático ativado. Além disso, foram mantidos os operadores para o trator que tracionava os transbordos durante todo o teste.

No primeiro experimento buscou-se avaliar o direcionamento manual em função do relevo e a influência do tipo de percurso (curvo ou retilíneo), em área de 49,89 ha e com produtividade em primeiro corte de 109 Mg ha<sup>-1</sup>, composta por três talhões: com inclinação média de 2% e percurso retilíneo (A1.1); com o mesmo tipo de percurso, porém com inclinação de aproximadamente 9% (A1.2); e com inclinação de 9% e percurso em curvas (A1.3). No segundo experimento, foi avaliado o efeito dos tipos de direcionamento em relevo inclinado e percurso retilíneo, tendo uma área de 23,51 ha e com produtividade em primeiro corte de 109 Mg ha<sup>-1</sup>, composta por três talhões: com inclinação média de 5% (A2.1); com inclinação média de 7% (A2.2); e com inclinação média de 8% (A2.3).

Para coleta de dados utilizou-se um trator modelo 6180J 4x2 TDA (John Deere, Montenegro, Brasil), com potência nominal de 132 kW, que dispunha de um sistema de direcionamento automático modelo AutoPilot (Trimble, Sunnyvale, EUA) com um receptor GNSS (Global Navigation Satellite Systems) AgGPS 262 e um controlador modelo AgGPS NavController II (Trimble, Sunnyvale, EUA), com sistema de correção tipo RTK. O trator foi utilizado para tracionar duas carretas de transbordo de três eixos, modelo TAC 14000 (Civemasa, Matão, Brasil) com capacidade de carga de 14 Mg cada.

Para o registro dos dados da trajetória realizada por cada um dos transbordos, os mesmos foram instrumentados com receptores GNSS com correção de sinal RTK e um computador para registro dos dados, sendo que na primeira carreta foi utilizado um FMX® (Trimble, Sunnyvale, EUA) e na segunda um X30® (Topcon, Tóquio, Japão) na frequência de 0,5 Hz (Figura 1). As antenas foram posicionadas na traseira das carretas e as coordenadas devidamente transferidas para o centro do último rodado. A torre utilizada como base dos sinais se encontrava a um raio de 2 km de distância de cada uma das áreas e todos os coletores de dados utilizaram o sinal derivado desta.

A velocidade média do conjunto (colhedora mais carreta de transbordo) na operação foi de 1,25 m s<sup>-1</sup> (4,5 km h<sup>-1</sup>). Para não prejudicar o rendimento operacional da colheita, o trator instrumentado não ficou vinculado a apenas uma colhedora, permitindo que fossem coletadas linhas ao longo da área, com coleta contínua de dados.



FIGURA 1. Representação da disposição das antenas de GNSS no conjunto.

A exportação dos dados, bem como sua organização e análises foram realizadas nos programas AutoCAD (Autodesk, San Rafael, EUA) e QGIS (Open Source Geospatial Foundation, Beaverton, EUA). Os erros entre as passadas foram avaliados pela diferença da distância ortogonal entre os pontos de posição das antenas, no centro do trator e de cada carreta e a linha referência, utilizando o algoritmo desenvolvido por Spekken et al. (2014), que compara o deslocamento entre duas sequências de segmentos de linha. A distância mínima obtida destes dois pares de distâncias determina o desvio do ponto do percurso realizado para com a referência (MOLIN et al., 2011; SPPEKEN et al., 2014). Os erros foram analisados por estatística descritiva, obtendo-se o erro médio, mediana e o desvio padrão ( $\sigma$ ) e  $2\sigma$ , que indica 95% de probabilidade de ocorrência, para todos os componentes do conjunto (colhedora, trator e terceiro eixo de cada carreta de transbordo). Confrontou-se esses erros com o critério de afastamento de segurança (RIPOLI & RIPOLI, 2009; BELARDO et al., 2015) estabelecido pela usina que é de 0,10 m.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro experimento levou em consideração a utilização apenas do direcionamento manual, tendo como base os relevos plano e inclinado, e percursos retilíneos e em curva. Os erros de alinhamento observados no eixo dianteiro do trator, quando comparados com a trajetória projetada em A1.1, por exemplo, os valores para  $2\sigma$ , estão 0,09 m acima do aceitável (Tabela 1).

TABELA 1. Erros entre passadas para trator e terceiro eixo das carretas de transbordo, em cada área e tipo de direcionamento, referente ao experimento 1.

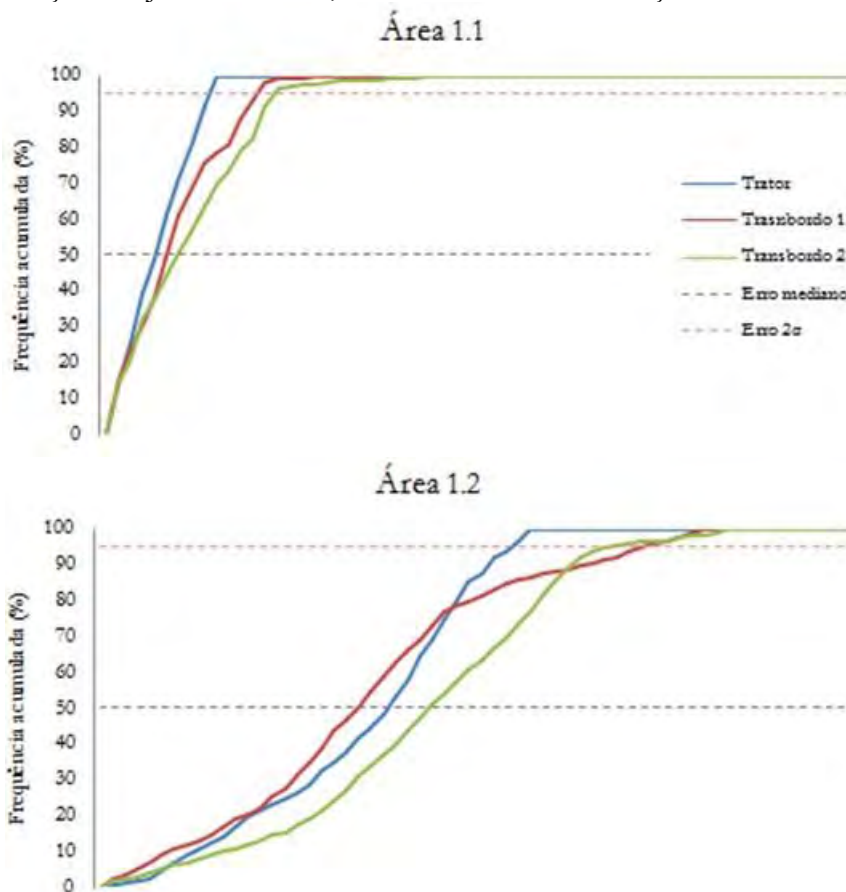
	A1.1 (inclinação média 2% e percurso reto)		
	Trator	Transbordo 1	Trasbordo 2
N	817	817	817
Erro mínimo (m)	0,001	0,001	0,001
Erro máximo (m)	0,177	0,484	0,590
Média (m)	0,083	0,109	0,129
CV (%)	114,4	122,0	126,3
$\sigma$ (m)	0,095	0,133	0,163
$2\sigma$ (m)	0,190	0,266	0,326
	A1.2 (inclinação média 9% e percurso reto)		
N	1257	1257	1257
Erro mínimo (m)	0,002	0,001	0,002
Erro máximo (m)	0,699	0,997	1,330
Média (m)	0,426	0,473	0,521
CV (%)	90,8	99,5	113,0
$\sigma$ (m)	0,338	0,421	0,454
$2\sigma$ (m)	0,674	0,842	0,908
	A1.3 (inclinação média 9% e percurso curvo)		
N	2013	2013	2013
Erro mínimo (m)	0,054	0,001	0,001
Erro máximo (m)	1,49	1,483	1,496
Média (m)	0,447	0,533	0,549
CV (%)	102,6	106,0	114,2
$\sigma$ (m)	0,409	0,525	0,607
$2\sigma$ (m)	0,818	1,050	1,214

N: Número de pontos; CV (%): Coeficiente de variação;  $\sigma$ : Desvio padrão;  $2\sigma$ : 95% de probabilidade de erro

Observa-se que os valores dos erros do trator passam a se acentuar conforme a mudança de relevo (A1.2) e de percurso (A1.3), chegando a aumentos de 6,74 e 8,18 vezes acima do aceitável (0,10 m) para as áreas, respectivamente. Em relação aos erros dos transbordos, em percursos retos, o último eixo do segundo transbordo desalinhou na ordem de 0,326 m com inclinação lateral média de 2%, crescendo para 0,908 m para percurso reto e inclinação de 9% e 1,214 m em percurso curvo. Tais erros estão muito acima do aceitável e observa-se que o rodado do último eixo do segundo transbordo chega, com essa magnitude de erro, está trafegando sobre a linha adjacente da cultura.

Além disso, conforme se altera o tipo de percurso e relevo (Figura 2), observa-se algumas alterações pontuais e mudanças de tendências com relação ao erro de percurso entre os componentes do conjunto, provavelmente relacionadas a mudanças bruscas de declividade lateral ao longo do percurso. Tal fato aponta para a necessidade de dados em área total para que seja possível a modelagem detalhada do efeito da iniciação lateral nos desvios laterais.

Observa-se também que os valores do terceiro eixo na carreta 2 são sempre superiores em relação aos valores encontrados no terceiro eixo da carreta 1. Em terreno inclinado e trajetória curva (A1.3), os valores de erros no terceiro eixo da última carreta de transbordo são da ordem de 1,155 m acima do aceitável, praticamente sobre a linha de cana adjacente. Para a área de relevo plano e percurso reto, esse valor é de 0,226 m, o que leva à dedução de que o relevo realmente afeta a qualidade do alinhamento das carretas tracionadas pelo trator, com ou sem sistema de direção automática. Braunbeck & Oliveira (2006) abordaram esse fato mostrando que os veículos de pneus retratam uma tendência de deslocamento lateral, no sentido da declividade do terreno. De forma semelhante isso também se evidencia nos percursos curvos, corroborando com o estudo realizado por Backman et al. (2010), que mostra que em percursos curvos as carretas tendem a sofrer desvios em relação à trajetória do trator, aumentando com a inclinação do terreno.



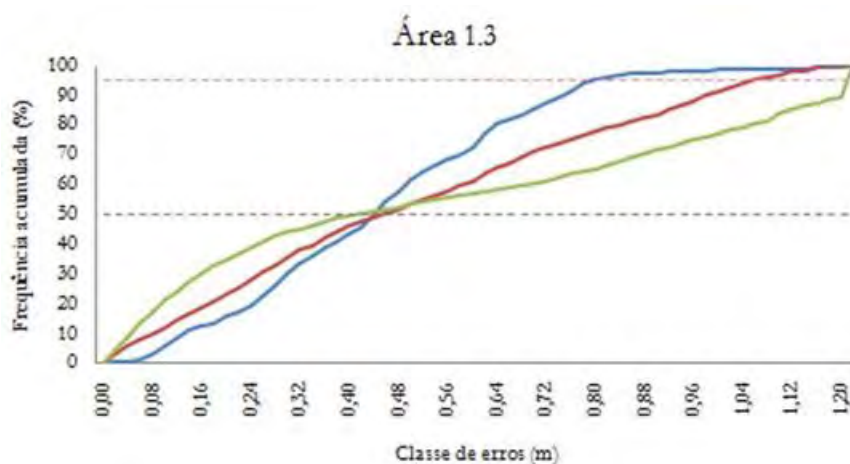


FIGURA 2. Frequência acumulada (probabilidade) dos erros para cada parte do conjunto para terreno plano e percurso reto (A1.1), terreno declivoso e percurso reto (A1.2) e terreno declivoso e percurso curvo (A1.3).

Observa-se que tanto o relevo quanto o tipo de percurso, reto ou curvo, devem ser levados em consideração para a elaboração de percursos pré-programados de direcionamento automático, em controle de tráfego e na logística interna em áreas agrícolas. Em terrenos inclinados, com percursos curvos, um fator adicional é o percurso dos rebocados que tendem a raio de curvatura menor e nessas situações o erro aumenta consideravelmente. Nesse caso o direcionamento automático perde muito sua eficácia, pois não consegue corrigir os erros inerentes ao tipo de percurso do conjunto articulado.

No segundo experimento (Tabela 2) os erros de percurso do trator com o direcionamento manual foram superiores ao direcionamento automático, chegando a 0,36 m de erro, contra 0,08 m com o sistema automático (área A2.3). Aumentando ligeiramente a declividade de 7 para 8% em média (áreas A2.2 e A2.3), por exemplo, os erros aumentaram na ordem de 0,10 m.

TABELA 2. Erros entre passadas para trator e terceiro eixo das carretas de transbordo, em cada área e tipo de direcionamento, referente ao experimento 2.

A2.1 (inclinação média 5%)						
	Direcionamento automático			Direcionamento manual		
	Trator	Transbordo 1	Trasbordo 2	Trator	Transbordo 1	Transbordo 2
N	523	523	523	503	503	503
Erro mínimo (m)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
Erro máximo (m)	0,154	0,249	0,537	0,320	0,899	0,980
Média (m)	0,022	0,058	0,094	0,090	0,113	0,164
CV (%)	140,9	137,9	130,8	140,0	111,2	164,6
$\sigma$ (m)	0,025	0,051	0,077	0,082	0,092	0,188
$2\sigma$ (m)	0,062	0,160	0,246	0,252	0,296	0,540
A2.2 (inclinação média 7%)						
N	456	456	456	436	436	436
Erro mínimo (m)	0,000	0,001	0,000	0,000	0,047	0,000
Erro máximo (m)	0,230	0,269	0,407	0,422	0,867	1,485
Média (m)	0,024	0,097	0,103	0,116	0,168	0,200
CV (%)	133,3	121,6	132,0	118,9	99,4	138,5
$\sigma$ (m)	0,029	0,070	0,085	0,080	0,083	0,178
$2\sigma$ (m)	0,064	0,236	0,272	0,276	0,334	0,555
A2.3 (inclinação média 8%)						
N	1491	1491	1491	1055	1055	1055
Erro mínimo (m)	0,000	0,000	0,002	0,000	0,003	0,000
Erro máximo (m)	0,240	0,481	0,575	0,347	1,287	1,460
Média (m)	0,023	0,098	0,147	0,146	0,229	0,243
CV (%)	182,6	131,7	123,8	119,8	100,0	127,1
$\sigma$ (m)	0,030	0,106	0,109	0,109	0,115	0,187
$2\sigma$ (m)	0,084	0,341	0,364	0,358	0,458	0,618

N: Número de pontos; CV (%): Coeficiente de variação;  $\sigma$ : Desvio padrão;  $2\sigma$ : 95% de probabilidade de erro



Verifica-se que os valores dos erros de percurso dos rodados dos transbordos, em todos os terrenos, estão acima do aceitável. Além disso, os valores referentes ao terceiro eixo no segundo transbordo são sempre maiores em relação aos valores encontrados no terceiro eixo do primeiro transbordo, indicando o efeito do desalinhamento lateral causado pela inclinação (Figura 4).

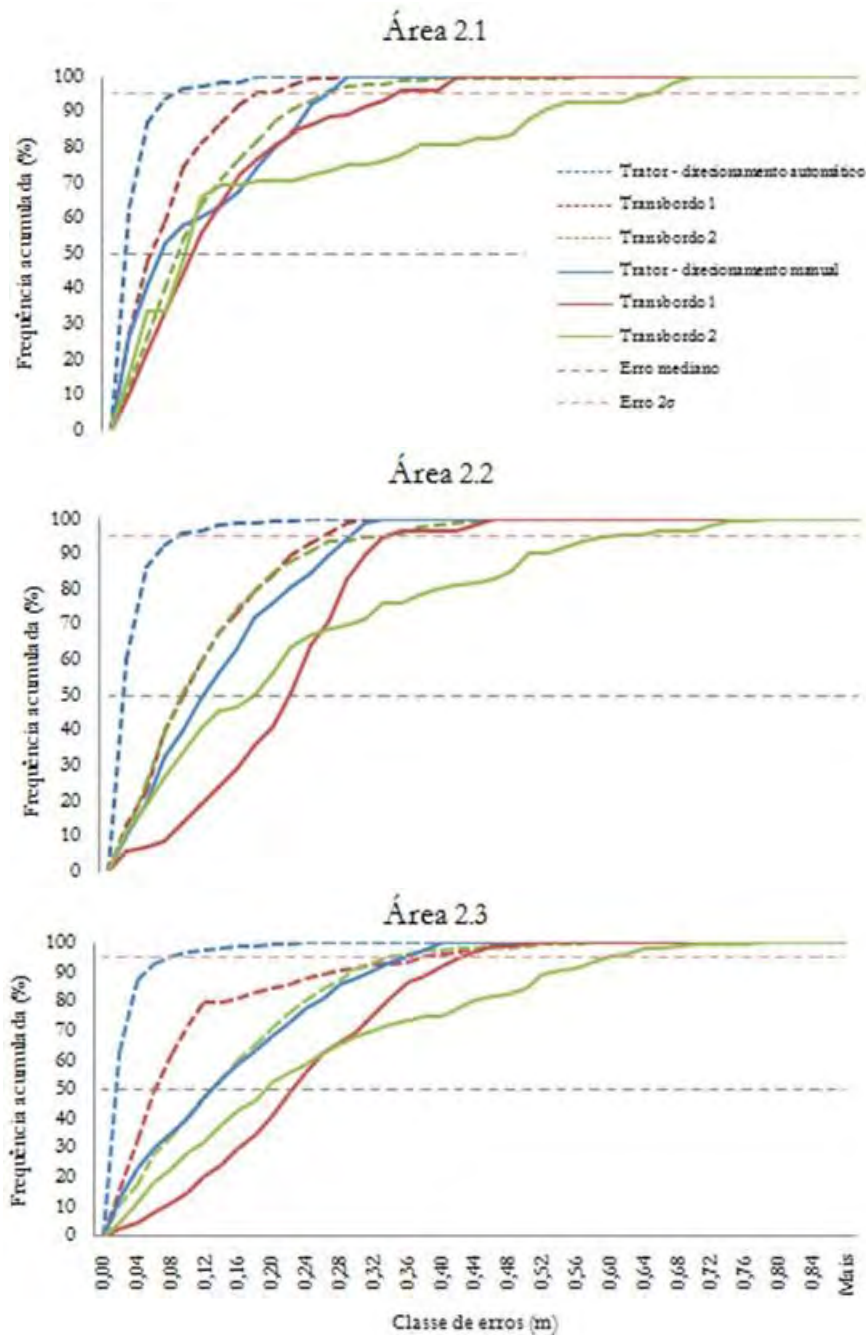


FIGURA 4. Frequência acumulada (probabilidade) dos erros para cada parte do conjunto para cada uma das declividades estudadas (A2.1, A2.2 e A2.3) em ambos os direcionamentos.

Nas menores declividades transversais, o direcionamento automático mostrou-se efetivo, já que conseguiu manter o trator dentro do erro esperado. No entanto, à medida que a inclinação lateral se acentua, mesmo quando o sistema de direcionamento automático está acionado no trator, os valores de erro de percurso do trator ultrapassam o limite aceitável. Evidentemente, os desvios são maiores nos transbordos e nos percursos com inclinação lateral de 8%, onde o direcionamento automático não teve efeito.

Observa-se que, para minimizar os erros sofridos pelo conjunto trator-transbordo, além do uso da orientação automática no veículo de tração, são necessários atuadores nos rodados ou no cabeçalho dos transbordos. Tais soluções têm sido estudadas e propostas, como é o caso de Thanpattranon et al. (2016), que propõe o uso de uma barra de engate deslizante para controlar a posição do veículo rebocado. Os autores

obtiveram resultados satisfatórios para a correção da rota em testes sob condições controladas, porém com o uso de apenas uma carreta.

Vários autores propõem soluções a partir da automatização total do conjunto (ASTOLFI et al., 2004; BACKMAN et al., 2010; KAYACAN et al., 2014), embasado na utilização de percursos pré-programados que definem a rota e os ângulos de esterçamento de todas as partes do conjunto. Porém, a literatura especializada é carente de estudos que testam condições mais complexas, como o caso de duas carretas rebocadas ou mesmo que os fazem ao nível de campo, com efeitos de inclinação lateral. Outras soluções encontradas são a utilização de veículo de transbordo montado no chassi de caminhão, que já são oferecidos pelo mercado.

## CONCLUSÃO

Nas condições desse estudo observou-se que os erros de desalinhamento para o conjunto trator e carretas são fortemente associados à inclinação lateral do terreno e ao tipo de percurso, reto ou curvo. Em ambos os casos os valores de desalinhamento são afetados sensivelmente e crescentes entre os corpos do conjunto. A utilização de direcionamento automático no trator mostrou-se favorável em situações de percurso reto e com declividades de até 7%. Para inclinações laterais maiores, o sistema perde a sua eficácia. Tais erros estão muito acima do aceitável, fazendo com que, em situações críticas, o rodado do último eixo do segundo transbordo chegue a trafegar sobre a linha adjacente da cultura.

## REFERÊNCIAS

- ASTOLFI, A.; BOLZERN, P.; LOCATELLI, A. Path-tracking of a tractor-trailer vehicle along rectilinear and circular paths: a lyapunov-based approach. **IEEE Transactions on Robotics and Automation**, 2004. v. 20, n. 1, p. 154-160.
- BACKMAN, J.; OKSANEN, T.; VISALA, A. Nonlinear model predictive trajectory control in tractor-trailer system for parallel guidance in agricultural field operations. In: **Proceedings of the agricontrol**, Kyoto, Japan, 2010.
- BAIO, F. H. R.; MORATELLI, R. F. Avaliação da acurácia no direcionamento com piloto automático e contraste da capacidade de campo operacional no plantio mecanizado de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola** (Impresso), 2011. v. 31, p. 367-375.
- BELARDO, G. C.; ROSA, J. H. M.; MAGALHÃES, P. S. G. Colheita mecanizada de cana-de-açúcar: Evolução da colheita mecanizada na cultura de cana-de-açúcar. In: BELARDO, G. C.; CASSIA, M. T.; SILVA, R. P. **Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar**. Jaboticabal, São Paulo: SBEA, 2015. v. 1, p. 341-342.
- BRAUNBECK O. A.; MAGALHÃES, P. S. G. Colheita de cana-de-açúcar com auxílio mecânico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 300-308, jan./abr. 2006. Disponível em: < [http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/Auxilio\\_Mecanico\\_Colheita\\_Cana.pdf](http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/Auxilio_Mecanico_Colheita_Cana.pdf) >. Acesso em: 20 fev 2017.
- BRAUNBECK, O. A.; OLIVEIRA, J. T. A. Colheita de cana-de-açúcar com auxílio mecânico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p.300-308, jan./abr. 2006.
- CARIOU, C.; LENAIN, R.; THUILOT, B.; MARTINET, P. **Autonomous maneuver of a farm vehicle with a trailed equipment: Motion planner and lateral-longitudinal controllers**. 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). INSPEC Accession No. 11430926, 3819–3824, 2010.
- EASTERLY, D. R.; ADAMCHUK, V. I.; KOCHER, M. F.; HOY, R. M. Using a vision sensor system for performance testing of satellite-based tractor auto-guidance. **Computers and Eletronics in Agriculture**, Amsterdam, 2010. v. 72, p. 107-118.
- KAYACAN, E.; KAYACAN, E.; RAMON, H.; SAYES, W. Distributed nonlinear model predictive control of an autonomous tractor-trailer system. **Mechatronics**, 2014. v. 24, p. 926-933.
- KEICHER, R.; SEUFERT, H. Automatic guidance for agricultural vehicles in Europe. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, 2000. v. 25, n. 1-2, p. 169-194.
- MOLIN, J. P.; POVH, F. P.; PAULA, V. R.; SALVI, J. V. Método de avaliação de equipamentos para

direcionamento de veículos agrícolas e efeito de sinais de GNSS. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 121-129, jan./fev. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v31n1/v31n1a12.pdf>>. Acesso em: 20 julho 2015.

PAULA, V. R. de; MOLIN, J. P. Assessing damage caused by accidental vehicle traffic on sugarcane ratoon. **Engineering in Agriculture**, 2013. v. 29, f. 2, p. 161-169.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar**: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: T. C. C. Ripoli, 2009. p. 333.

SPEKKEN, M.; SALVI, J. V.; MOLIN, J. P. A method to evaluate paralelism for machine logged positions. In: International Conference on Robotics and Associated High-technologies and Equipament for Agriculture and Forestry (RHEA), 2., 2014, Madri. **Anais...** Madri: 2014. p. 227-237.

THANPATTRANON, P.; AHAMED, T.; TAKIGAWA, T. Navigation of autonomous tractor for orchards and plantations using a laser range finder: Automatic control of trailer position with tractor. **Biosystems Engineering**, 2016, v. 14, p. 90-103.

VEIGA FILHO, A. de A.; SANTOS, Z. A. P. de S.; VEIGA, J. E. R.; OTANI, M. N.; YOSHII, R. J. Análise da mecanização do corte da cana-de-açúcar no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 24, n. 10, out. 2004.