

# Mecanização, pode ser este ainda um fator de competitividade agrícola?

Num momento em que tanto se discute inovação em Agricultura e que recentemente foi definida uma estratégia nacional para a produção de cereais e milho, pode a mecanização ainda ser um fator de competitividade? Neste artigo, num ensaio realizado no âmbito do projeto *MechSmart Forages*, pretende-se mostrar o contributo que os novos sistemas de transmissão de variação contínua em tratores agrícolas e a adoção de itinerários culturais não convencionais podem dar para a redução dos custos da conta de cultura e para o aumento da eficiência energética e ambiental do processo de produção.

Luís Alcino da Conceição . Instituto Politécnico de Portalegre e ICAAM – Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânica, Universidade de Évora

De acordo com a Estratégia Nacional para a Produção de Cereais (GPP, 2018) torna-se imperativo, nos próximos 5 anos, a adoção de um conjunto de medidas que, invertendo a tendência de diminuição do autoaprovisionamento nacional em cereais, garantam a sustentabilidade da sua produção e a resposta a um aumento generalizado do consumo. Simultaneamente, tanto o Roteiro para Neutralidade Carbónica como a publicação do Programa de Ação para a Adaptação às Alterações Climáticas traçam um conjunto de metas para que se consiga atingir a neutralidade carbónica da economia portuguesa em 2050 e, conseqüentemente, um conjunto de linhas de ação e medidas para fazer face a impactos e vulnerabilidades identificadas no território nacional, nomeadamente a implementação de técnicas de conservação e de melhoria da fertilidade do solo.

No caso da produção de cereais de praga e da cultura do milho em particular, os desafios anteriormente citados assumem particular importância, já que, se tratando de uma *commodity*, a sua competitividade depende em muito da capacidade de resposta do agricultor à constante flutuação de preços no mercado internacional a que está sujeita (Figura 1), hoje agravada pelo conflito comercial entre China e EUA.

Do ponto de vista da mecanização, a competitividade das culturas é tanto maior quanto mais eficiente e tecnologicamente avançadas forem as máquinas utilizadas. A análise da conta de cultura para dois casos práticos aplicados à cultura do milho demonstra que a componente de mecanização, não incluindo as operações de colheita, assume uma importante percentagem nos custos de pro-

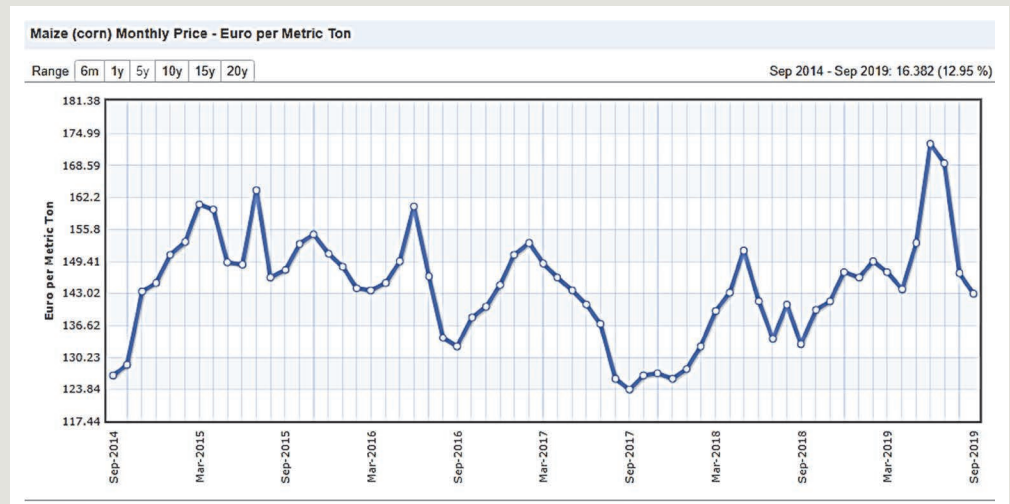


Figura 1 – Evolução da cotação do preço por tonelada (euros) milho nos últimos 5 anos (World Bank, 2019)

dução, 17% no exemplo para a produção de grão (Figura 2) e 14% na produção de silagem (Figura 3).

Nesta componente, as operações de mobilização e preparação do solo para sementeira constituem entre 43 e 44% do custo total, consoante se trate da produção de grão ou silagem, respetivamente.

Considerando a análise dos encargos com a utilização das máquinas agrícolas, para o exemplo de um trator com 88,2 kW de po-

tência, o custo do consumo de combustível por unidade de tempo pode atingir 33,5% a 42% do custo total de operação por hora (Albino, 2009; Hickey, 2013).

É verdade que este parâmetro depende da operação realizada e do nível tecnológico do trator a que está associado, o qual está proporcionalmente relacionado com a idade média do mesmo. De acordo com as estatísticas disponíveis pelo Ministério da Agricultura, infelizmente, constatamos que

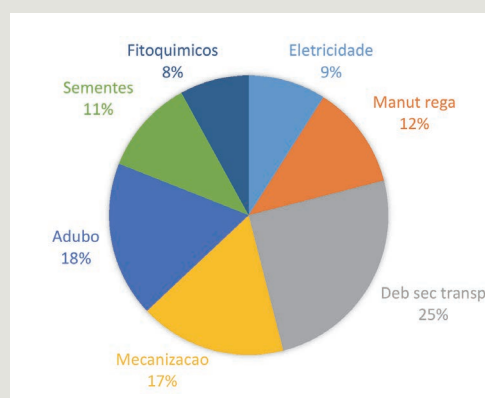


Figura 2 – Estrutura de custos de produção de milho para grão (Ad. de Coimbra, 2010)

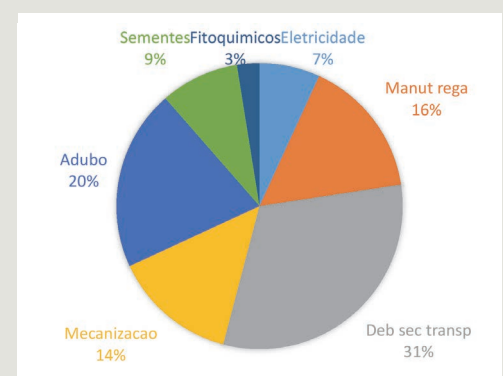
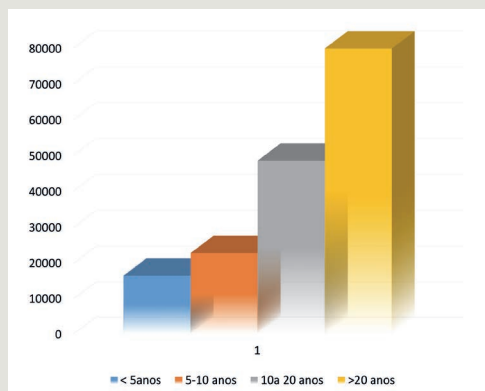


Figura 3 – Estrutura de custos de produção de milho para silagem da Associação de Criadores de Bovinos Mertolengos (comunicação pessoal, setembro 2019)

é provável que a idade média do parque de tratores em Portugal se situe acima dos 20 anos (Figura 4), conducente à presença de veículos com baixo grau tecnológico, nomeadamente os equipados com motores anteriores à Norma Euro I de controlo de emissões poluentes e que tantas vezes apresentam deficiente estado de conservação (Conceição e Abelho, 2016).

Atualmente, a adoção nos tratores agrícolas de sistemas de controlo eletrónico de injeção de combustível, sistemas de pós-tratamento dos gases de escape por redução catalítica seletiva (SCR) ou filtro de partículas Diesel (DPF) e sistemas de transmissão de variação contínua (CVT) garantem a estes veículos elevada eficiência energética pelo baixo consumo de combustível e baixas emissões de poluentes que originam (Kwak e Cleveland, 2017).

No caso do sistema de transmissão, tem um efeito direto no desempenho de funcionamento de um trator, já que é o responsável por transmitir o movimento mecânico de rotação do motor térmico aos órgãos que asseguram o seu deslocamento e à tomada de força. Nos modelos equipados com sistemas CVT, uma bomba e um motor hidráulico otimizam a cinemática de funcionamento de uma engrenagem epicicloidal, ao mesmo tempo que a gestão eletrónica da transmissão e do regime de funcionamento do motor se ajustam para otimizarem binário e o consumo de combustível (Linares *et al.*, 2010). A sua utilização faz-se pela atuação de um manípulo eletrónico do tipo *joystick* bidirecional e cuja intensidade sobre o mesmo determina a velocidade de deslocação do veículo para a frente ou para trás. Neste tipo de sistemas de transmissão é frequente o operador poder selecionar diferentes modos de funcionamento, de forma a garantir o limite máximo do regime de funcionamento do motor ou o regime de rotação do veio da tomada de força para uma dada velocidade,



**Figura 4** – Distribuição da idade média do parque de tratores e conjuntos industriais inscritos em 2013 para benefício ao gasóleo agrícola (Ad. de DGADR, 2015)

**QUADRO 1 – CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS E METEOROLÓGICAS DO LOCAL DE ENSAIO**

Características	Valores
Solo	Pag - Solos Argiluvados Pouco Insaturados
Textura	Franco-arenosa
Teor de matéria orgânica	1% (baixo)
Teor de humidade do solo (a 60°)	6%
DAP	1,6
*Compactação do solo	1300 kPa (moderado)
Temperatura média do ar	35 °C

Resultados da análise sumária (Laboratório de Química Agrícola ESAE)

\*Média de 20 pontos obtidos até 20 cm de profundidade obtida com penetrómetro de cone marca/modelo Dickey John soil tester

ambos com o objetivo de reduzir o consumo de combustível.

A presença no mercado de tratores em Portugal de um número crescente de veículos equipados com sistemas CVT e o custo de operação em diferentes opções de itinerários culturais na instalação de culturas de cereais determinaram a realização deste ensaio no âmbito dos objetivos de transferência de conhecimento do projeto *MechSmart Forages* (<http://mechsmartforages.ipportalegre.pt/>).

### Material e Métodos

O ensaio decorreu numa parcela em condições de sequeiro da herdade da Comenda do INIAV Elvas, situada em Caia, e cujas características do solo e meteorológicas do dia de ensaio se apresentam no Quadro 1.

A realização das operações mecanizadas fez-se com recurso a um trator da marca New Holland, modelo T6155 Autocommand equipado com um motor de 4 cilindros em linha de 4,486 L de capacidade, 114 kW de potência máxima com um regime nominal do motor às 2200 rpm, binário máximo às 1500 rpm, sistema de injeção direta *common rail*, sistema de transmissão contínua (CVT) com três modos de operação (auto, *cruise* e t.d.f.), sistema de redução catalítica seletiva (SCR) e ISOBUS classe III com antena DGPS para autocondução. Em campo, o trator apresentava um peso de 62,8 kN com lastragem dos pneus dianteiros a 50%.

Os diferentes itinerários culturais realizaram-se com as máquinas operadoras cujas características se apresentam no Quadro 2. Ao longo da parcela, para cada operação, foram realizados um conjunto de traçados retilíneos em modo *cruise* do sistema CVT, definindo-se uma velocidade padrão de 4, 6 e 5 km h<sup>-1</sup> para a utilização do *chisel*, grade de discos e semeador, respetivamente.

No caso das operações com máquinas ligadas à tomada de força, fez-se o uso do modo t.d.f. do sistema CVT para velocidades padrão de trabalho de 2 e 7 km h<sup>-1</sup> e regime de 540 rpm na grade rotativa e de 540 rpm ECO para o distribuidor centrífugo de adubo e pulverizador.

Cada uma das operações cumpriu uma extensão de aproximadamente 1200 m<sup>2</sup> com auxílio do sistema de autocondução do trator.

No final de cada operação, com recurso ao *software* do fabricante do trator para gestão de informação e diagnóstico eletrónico, por ligação de um computador portátil a uma unidade de comando eletrónica situada na cabina do operador, foram lidos e registados os dados de telemetria do funcionamento a cada dois segundos do motor, transmissão e sistema hidráulico relativos ao regime de funcionamento do motor, binário, consumo de combustível, posição dos braços terminais do sistema hidráulico e velocidade de deslocamento (Figura 5).

**QUADRO 2 – TIPO DE MÁQUINA OPERADORA (MARCA/MODELO), FORMA DE ACOPLAMENTO AO TRATOR, LARGURA DE TRABALHO (m) UTILIZADA EM CAMPO E E POTÊNCIA REQUERIDA (kW)**

Máquinas de Mobilização e Preparação do Solo			
<i>Chisel</i> 9 braços c/grade gaiolas rolantes (Lemken / CUL G 08)	Acoplada aos 3 pontos	2,55 m	90-129 kW
Grade discos (Sanz y Morales/ STRRTLHG2802426)	Rebocada	3,5 m	95-102 kW
Grade rotativa c/ rolo Packer (Amazone /KE303 Special)	Acoplada aos 3 pontos + t.d.f. (540 rpm)	2,9 m	88 kW
Máquinas para Fertilização/Proteção das Culturas			
Pulverizador jato projetado (Amazone / UF 1801)	Acoplada aos 3 pontos + t.d.f. (540 rpm)	18 m	44 kW
Distribuidor centrífugo de adubo (Fialho e Irmão/protótipo VRT)	Acoplada aos 3 pontos + t.d.f. (540 rpm)	18 m	40 kW
Máquinas para Sementeira			
Semeador sementeira direta (Agrometal/MXW 17/18)	Rebocado	3,06 m	70 kW

A profundidade de trabalho das máquinas de mobilização de solo (em cm) foi determinada por conversão do valor lido do sensor de posição (em mV) dos braços terminais do sistema hidráulico em função da distância ao solo de um ponto de referência no quadro da máquina operadora.

A determinação dos valores de eficiência de campo (Ec) e consumo de combustível por área de trabalho (Cc) foram determinados pelas equações 1) e 2)

$$Ec \text{ (ha h}^{-1}\text{)} = \frac{Vt \times Lt}{IO} \quad \text{(Eq. 1)}$$

Em que

Vt (km h<sup>-1</sup>), Velocidade de deslocamento  
Lt (m), Largura de trabalho da máquina operadora

$$Cc \text{ (L ha}^{-1}\text{)} = Ec \times Cch \quad \text{(Eq. 2)}$$

Em que

Ec (ha h<sup>-1</sup>), Eficiência de campo

Cch (L ha<sup>-1</sup>), Consumo de combustível por hora

A análise estatística dos resultados incluiu a análise descritiva com o cálculo da média, do desvio-padrão e coeficiente de variação de cada conjunto de dados referentes a cada operação de campo.

### Resultados e discussão

No Quadro 3 apresentam-se os valores obtidos da média, desvio-padrão e coeficiente de variação para os parâmetros avaliados, e os valores de eficiência de campo e consumo por área de trabalho obtidos em função do valor médio da velocidade de trabalho, largura de trabalho das respectivas máqui-



Figura 5 – Exemplo das operações em campo e leitura de dados da telemetria do trator

nas operadoras e consumo horário medidos no trator.

A Figura 6 mostra, comparativamente para cada uma das operações culturais, a variação do consumo médio horário de combustível com o regime médio de funcionamento do motor.

Uma vez que utilizamos apenas uma transmissão CVT, as diferenças de consumos observadas estão relacionadas com a utilização de diferentes máquinas operadoras nas condições do terreno da parcela anteriormente descritas.

Os dados do Quadro 3 e da Figura 6 mostram que, salvo no caso em que se faz recurso à tomada de força do trator, o motor para as velocidades programadas trabalha sempre abaixo das 1400 rotações por minuto (rpm) com disponibilidade de binário

entre os 37% e os 75%, consoante se trate da operação com o semeador de sementeira direta ou o *chisel*, respetivamente. Estes valores contrastam com os frequentemente observados em tratores de idêntica potência, mas equipados com sistemas de transmissão convencionais, em que, para as mesmas operações, se torna necessário um regime fixo do motor entre as 1700 e 1800 rpm.

A operação com o *chisel* é a que representa uma maior exigência do motor, dada a interação do esforço de tração deste tipo de máquinas com a profundidade de trabalho e tipo de solo. Relativamente às máquinas ligadas à t.d.f., se para fertilização e proteção das culturas a baixa absorção de potência que estas requerem para o seu funcionamento permite a utilização do regime ECO da t.d.f., já a grade rotativa, pelo trabalho

QUADRO 3 – VALORES DA MÉDIA, DESVIO-PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DO REGIME DE ROTAÇÃO DE FUNCIONAMENTO DO MOTOR, BINÁRIO, CONSUMO HORÁRIO DE COMBUSTÍVEL E PROFUNDIDADE DE TRABALHO PARA CADA UMA DAS OPERAÇÕES REALIZADAS E RESPETIVAS EFICIÊNCIAS DE CAMPO E CONSUMOS DE COMBUSTÍVEL POR ÁREA

Máquina/Parâmetro	Regime Func. Motor (rpm)	Bin (%)	C. Combustível (L/h)	Profundidade (cm)	Vel. trabalho (km/h)	Ef. Campo (ha/h)	C. Combustível (L/ha)
<i>Chisel</i>	Média	1326,4	74,9	16,2	29,0	0,86	18,8
	DP	93,8	9,4	2,3	1,3		
	CV (%)	7,1	12,5	14,2	4,5		
Grade Discos	Média	1279,4	56,5	11,5	6,6	1,8	6,4
	DP	191,4	11,7	2,5	0,5		
	CV (%)	15,9	20,7	21,7	7,6		
Grade Rotativa	Média	1953,9	40,5	13,1	1,9	0,4	32,8
	DP	141,9	8,0	2,6	0,05		
	CV (%)	7,3	19,8	19,8	2,6		
Distribuidor adubo/pulverizador (540 Eco)	Média	1542,3	22,7	5,9	7,4	10,7	1,8
	DP	82,2	7,9	1,6	1,1		
	CV (%)	5,3	34,8	27,1	14,8		
Semeador SD	Média	1221,6	35,7	6,4	5	1,3	4,9
	DP	103,4	8,1	1,6	1,0		
	CV (%)	8,5	22,6	25,3	19,2		



QUADRO 4 – CUSTOS TOTAIS POR HORA E POR HECTARE EM ITINERÁRIOS DE MOBILIZAÇÃO MÍNIMA E SEMEITEIRA DIRETA

Itinerário/máquinas operadoras		Total de combustível (L h <sup>-1</sup> )	Custo (€ h <sup>-1</sup> )	Total de combustível (L ha <sup>-1</sup> )	Custo (€ ha <sup>-1</sup> )
It. mobilização mínima 1	1x chisel + 2x grade discos + semeador	16,2+23+6,4 45,6	41,5	18,8+12,8+4,9 36,5	33,22
It. mobilização mínima 2	1x chisel + 2x grade discos + 1x grade rotativa + semeador	16,2+23+13,1+6,4 58,7	53,42	18,8+12,8+32,8+4,9 69,3	63,1
It. Sementeira direta	Monda + distribuidor adubo + semeador	5,9+5,9+6,4 18,2	16,56	1,8+1,8+4,9 8,5	7,74

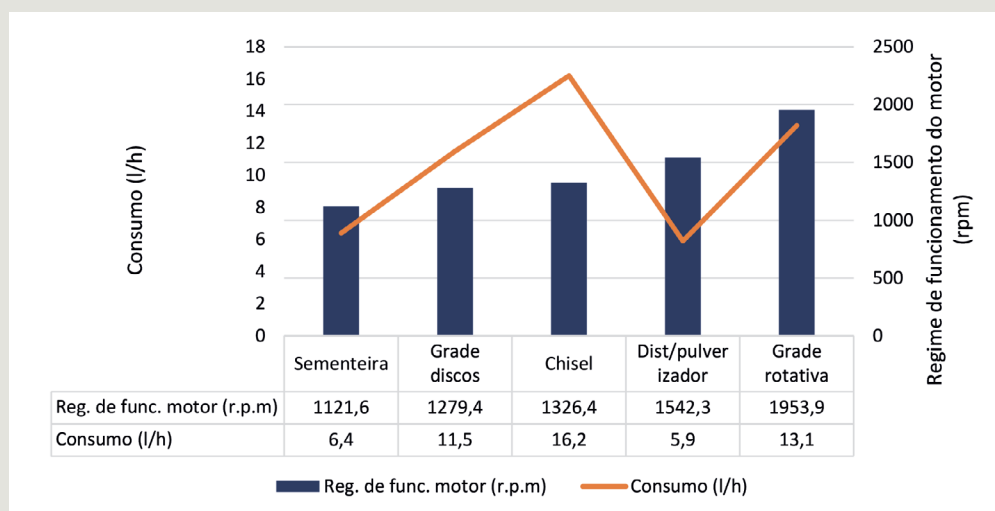


Figura 6 – Comparação para cada operação cultural do consumo médio horário de combustível e regime de funcionamento do motor

que realiza na interação com o solo, requer inevitavelmente um regime normal de t.d.f. às 540 rpm e necessariamente um regime médio mais alto do funcionamento do motor da ordem das 1900 rpm.

A partir dos resultados de consumo de combustível, e considerando um cenário em que o preço do litro de gasóleo agrícola seja de 0,91€, o Quadro 4 mostra o custo de operação por hora e por hectare decorrente de três itinerários culturais possíveis, dois de mobilização mínima e um de sementeira direta.

A eficiência de utilização de um parque de máquinas prende-se também com a escolha do itinerário técnico para a instalação de uma dada cultura, neste caso cereais de praga ou milho. Nas condições deste ensaio, os dados mostram que a opção de redução de operações de mobilização se traduz numa muito significativa poupança dos custos de operação relacionados com o consumo de combustível, sendo que, no limite extremo de sementeira direta, podemos alcançar reduções até 8 vezes menos do gasto em combustível e, por consequência das emissões poluentes que lhe estão associadas. A haver uma escala energética, a escolha de um itinerário em sementeira direta certamente seria a de maior eficiência.

## Conclusões

Assente nestes resultados obtidos em condições reais de operações de campo, pode-se

concluir que o fator mecanização continua a ter um papel decisivo na competitividade dos sistemas de produção agrícola, tanto pela vertente tecnológica de que hoje são concebidos os tratores agrícolas, como pelas opções de gestão do itinerário técnico mais adequado para a instalação de uma cultura. No caso em concreto, o uso de tecnologia CVT em tratores agrícolas, permitindo a realização das operações de campo com o motor a baixos regimes de funcionamento, privilegia a redução do consumo de combustível e assim o custo hora da operação, ao mesmo tempo que contribui para a redução ainda maior das emissões de gases de efeito estufa que lhe estão associadas.

Do ponto de vista do itinerário cultural, a redução das operações de mobilização do solo em detrimento, e sempre que possível, da técnica de sementeira direta resulta numa significativa diminuição do custo de operação e aumento da eficiência energética do conjunto trator-máquina operadora, que somada aos serviços agroambientais de conservação do solo e biodiversidade que lhe são reconhecidos oferece, direta e indiretamente, vantagem económica relativamente a outras opções.

Assim, apesar deste ensaio representar apenas um caso de estudo, as evidências demonstradas apontam para a importância que i) uma medida de apoio ao abate e substituição de tratores antigos por veículos novos à semelhança de regulamentação igual

à aplicada em Espanha, ii) o repensar uma medida de incentivo à prática de sementeira direta, mais do que nunca podem contribuir para os objetivos traçados pela Estratégia Nacional para a Produção de Cereais e simultaneamente melhores condições para o cumprimento das metas do Roteiro para a Neutralidade Carbónica. 🌱

## Agradecimentos

O autor agradece a colaboração no ensaio dos meios disponibilizados pela CNH Portugal nas pessoas dos Engenheiro Pedro Carvalho e João Rego.

## Referências bibliográficas

- Albino, J.D. (2009). *Análise dos encargos com a utilização das máquinas agrícolas*. DGADR. Lisboa. ISBN 978-972-8649-84-5.
- Coimbra, J. (2010). Conta de cultura do milho. VII Congresso Nacional do Milho. Disponível em <http://www.anpromis.pt/images/ eventos/cg2010/jc.pdf>.
- Conceição, L.A. & Belho, S. (2017). Contributo para o estudo da avaliação do estado de conservação de tratores e semirreboques agrícolas na região do Alentejo. *Resumos do II Congresso das Agrárias, Elvas 16 a 18 novembro*. CCISP, pp. 15. ISBN 978-989-8806-23-9.
- DGADR, Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (2015). *Níveis de mecanização da agricultura português agrícola – Gasóleo agrícola – Dados estatísticos relativos a 2013*. Ministério da Agricultura Florestas e Desenvolvimento Rural. Lisboa.
- GPP (2018). *Estratégia nacional para a promoção da produção de cereais*. Ministério da Agricultura Florestas e Desenvolvimento Rural. Lisboa.
- Hickey, C. (2013). Profit from crop & farm analysis. *National Tillage Crops Forum*. Disponível em [https://www.teagasc.ie/media/website/publications/2014/2\\_CHickey.pdf](https://www.teagasc.ie/media/website/publications/2014/2_CHickey.pdf).
- Kwak, Y. & Cleveland, C. (2017). Continuously Variable Transmission (CVT) Fuel Economy. *SAE Technical Paper 2017-01-2355*. Disponível em <https://doi.org/10.4271/2017-01-2355>.
- Linares, P.; Méndez, V.; Catalán, H. (2010). Design parameters for continuously variable power-split transmissions using planetaries with 3 active shafts. *Journal of Terramechanics*, v.47, p.323-335.
- World Bank (2019). *Maize (US), no. 2, yellow, f.o.b. US Gulf ports*. Disponível em <https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=corn&months=60&currency=eur>.