



Potência adaptável

Nem sempre o conjunto de trator e máquinas agrícolas está na configuração ideal no que diz respeito à disponibilidade e à necessidade de potência. O ideal é levar isso em consideração na hora de adquirir os equipamentos. No entanto, conhecendo os valores muitas vezes é possível adequar o conjunto para realizar as tarefas adequadamente

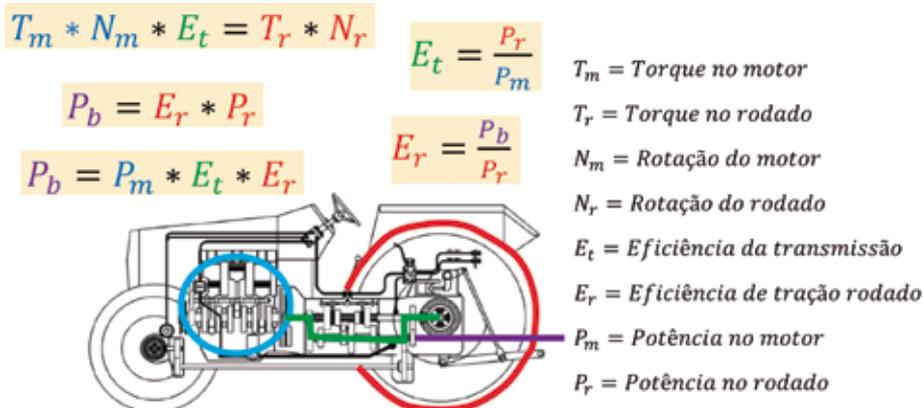
Em tempos de rigor no uso de recursos energéticos, como o combustível das máquinas agrícolas, retornamos ao tema do correto dimensionamento dos sistemas mecanizados. Potência em excesso ou insuficiente invariavelmente ocasiona aumento nos custos fixos e variáveis das operações. A tarefa da seleção e adequação está longe de ser trivial e requer um bom entendimento da aplicação dos equipamentos. Muitas das inconsistências no uso de máquinas agrícolas estão associadas à dinâmica da aquisição das máquinas, como, por exemplo, a troca de uma semeadora ou equipamento para preparo do solo enquanto se mantém o mesmo trator, ou o inverso, quando se troca a fonte de potência e se mantém as máquinas acionadas. De modo recorrente não se conhece a demanda de potência real do equipamento a ser acionado ou mesmo

aquela que a fonte de potência pode fornecer. A compreensão sobre os modos de transferência de potência e algumas de suas particularidades auxilia na redução dos erros na seleção e uso.

O CONCEITO DE POTÊNCIA E AS FONTES DISPONÍVEIS

A potência pode ser compreendida como a taxa de realização de trabalho. Trabalho, por sua vez, é o que ocorre quando ao se aplicar um esforço é provocada a movimentação de um corpo. Em um trator o motor transforma energia química em mecânica e esta é disponibilizada como trabalho na forma de movimento rotativo no volante do motor. Este movimento pode ser aproveitado para fornecer energia de diferentes maneiras, por exemplo por meio da TDP, barra de tração, sistema hidráulico e

Figura 1 - Diagrama representativo da transmissão de potência em tratores agrícolas. Por meio das relações apresentadas é possível estimar a potência disponível na barra de tração



mais recentemente como energia elétrica.

Ao entendermos a potência como a taxa de realização de trabalho, é fácil perceber que uma mesma operação pode ser feita em menos tempo com um trator de maior potência. Mas qual é a potência necessária?

Do ponto de vista puramente mecânico, a potência pode ser descrita como o resultado da combinação de força e velocidade de Potência (W) = F (N) x v (ms⁻¹).

A potência requerida de uma máquina seria aquela que permitiria a realização da operação no período que se deseja ter o trabalho executado. De forma muito simplificada, para trabalhar uma mesma área em um quarto do tempo bastaria ter quatro vezes a potência original. Com isso se poderia manter a velocidade e aumentar a força em quatro vezes, por exemplo, para tracionar uma máquina com largura de trabalho quatro vezes maior. Alternativamente poderia se manter a força e aumentar a velocidade de deslocamento em quatro vezes.

É evidente que há diversas restrições a este uso "indiscriminado de potência". Nem sempre é possível aumentar dessa forma a largura ou a velocidade e, mesmo que assim fosse, um sistema com tamanha capacidade iria operar pouquíssimas horas ao ano e apresentar um custo fixo intolerável.

A resposta em termos de qual a potência global necessária em um sistema mecanizado passa pelo estabelecimento dos períodos em que as operações devem ser

realizadas, a quantidade e a distribuição no tempo – por exemplo, operações em série, uma após a outra ou em paralelo, ocorrendo simultaneamente – e pela análise econômica do custo das alternativas disponíveis para "entregar" as operações em momentos predefinidos.

Neste tipo de análise podem ser consideradas alternativas como ter um conjunto mecanizado de grande capacidade ou dois ou mais conjuntos mecanizados de menor capacidade, ou ainda a decisão sobre adotar máquinas autopropelidas ou não.

Feitas as ressalvas em termos da definição da potência global do sistema, va-

mos agora explorar os fenômenos envolvidos no fornecimento e uso de potência em um conjunto mecanizado, este definido como a combinação de uma fonte de potência com uma máquina.

O TRATOR COMO FONTE DE POTÊNCIA

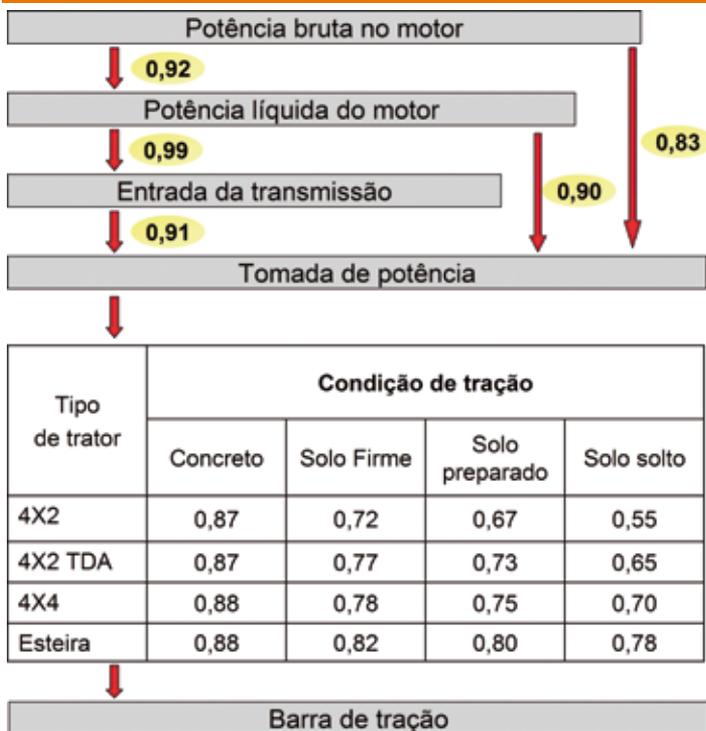
A potência disponibilizada pelo motor do trator é utilizada para o acionamento de máquinas, via TDP, sistema hidráulico de comando remoto e para o transporte e/ou tracionamento, podendo o equipamento estar totalmente ou parcialmente montado sobre o trator, até ser tracionado por meio da barra de tração. Com o uso da TDP as perdas são as menores, estando a eficiência na transmissão usualmente acima de 90%. Por esse motivo ela é o meio preferencial de transmissão de potência quando não há restrições para a operação das árvores cardã.

Os sistemas hidráulicos para acionamento remoto são, sobretudo, interessantes para fornecer potência em pontos mais distantes ou nos quais a transmissão via componentes rígidos é inapropriada. Sua eficiência pode oscilar bastante, mas o que importa em termos da adequação de fonte e máquina a ser acionada é o reconhecimento da vazão e pressão necessárias. O trator deve ter capacidade superior



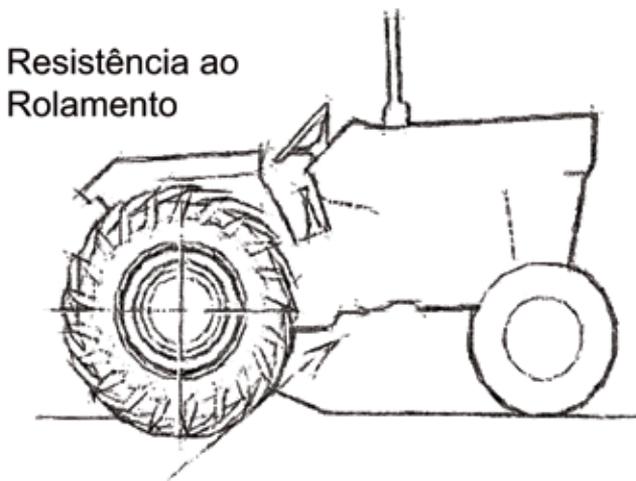
Por vezes é possível trabalhar com menor rotação do motor, reduzindo o consumo de combustível

Figura 2 - Relações aproximadas de transmissão de potência em tratores agrícolas



Adaptado de Asabe (2015)

Figura 3 - Exemplo de resistência ao rolamento. O rodado do eixo traseiro está consumindo energia para vencer a deformação do terreno. Este fenômeno é mais intenso quanto maior o peso sobre o rodado e menor a resistência do terreno



àquela exigida pelo equipamento a ser acionado. É importante salientar que muitas vezes a falta de potência para acionamento via sistema de comando remoto se deve à combinação das potências necessárias para tracionar com aquela necessária ao acionamento hidráulico. É o caso das semeadoras com sistema dosador pneumático, que via de regra requerem elevado esforço em tração e também potência disponível no sistema hidráulico para o acionamento das turbinas. Quando da adequação do

conjunto mecanizado, os fabricantes devem especificar as potências demandadas e fornecidas quando estas combinações são necessárias. Especial atenção deve ser prestada na especificação da pressão e vazão quando é necessária a operação simultânea em mais de uma via, pois não há uma relação proporcional entre o aumento do número de vias em operação e potência.

Sem dúvida o maior desafio quando da adequação dos conjuntos mecanizados ocorre quando se utiliza a barra de tração, que é o método predominante para as operações mais custosas e usualmente define os componentes de maior potência em um sistema mecanizado. O esforço para puxar algo que esteja acoplado à barra de tração depende do fenômeno da tração que ocorre na interface entre o pneu ou esteira e o terreno. Um número elevado de fatores interfere neste processo, mas podemos subdividir estes fatores entre aqueles dependentes do trator e aqueles relativos ao solo.

Em relação ao trator, apenas uma parte da potência que está no motor é entregue na barra de tração. A Figura 1 mostra um esquema e as relações fundamentais na transmissão de potência via barra de tração. Como dito, a potência pode ser entendida como a combinação de força e velocidade. No movimento circular o componente de força é o torque e a velocidade é a rotação. Assim, a potência que chega até os rodados pode ser expressa como a combinação de torque e rotação. A potência é originada no motor, mas é transmitida pelos mecanismos e em função das perdas na transmissão é inserido um parâmetro de eficiência, "Et". A potência que chega à barra de tração, "Pb" é, por sua vez, uma fração daquela que está nos rodados, dado que perdas expressivas ocorrem na interação entre o pneu e o terreno. Portanto, ao analisar as relações fica claro que a potência da barra de tração pode ser estimada a partir da potência do motor do trator e de coeficientes de eficiência para a transmissão e para o rodado, "Er".

A EFICIÊNCIA EM TRAÇÃO

Como pode ser visto na Figura 2, a potência do motor do trator pode ser expressa como aquela bruta ou líquida. A maior parte dos fabricantes já apresenta a potência líquida e a partir dela pode-se calcular a potência disponível ao final da transmissão, aquela que está, portanto, disponível no rodado do trator. Assim, um trator que possua 100kW de potência líquida no motor deve entregar 90kW nos rodados (100kW x 0,90). A fração da potência do rodado que chega à barra de tração depende de diversos fatores, entre eles o tipo de trator, o elemento rodante e principalmente as condições de tráfego no terreno. Para um trator 4 x 2 TDA operando em solo firme serão entregues cerca de 69kW (90kW x 0,77). Se este mesmo trator estiver operando em terreno solto serão entregues cerca de 58kW (90kW * 0,65). Esses dados, embora não sejam exatamente da realidade brasileira, são experimentais e resultantes de uma grande quantidade de testes de exemplares de tratores de mercado.

Os fatores de eficiência para a condição de tração apresenta-

dos na Figura 2 só ocorrerão caso o trator esteja em suas melhores condições, ou seja, quando a quantidade de lastro, a pressão de inflação dos pneus e o acoplamento estiverem adequados e o trator operando em terreno plano. A força de tração entregue na barra de tração está relacionada com o peso do trator. Por este motivo se aumenta o lastro quando são necessários maiores esforços de tração. Este aumento não pode, entretanto, ser excessivo, dado que eleva a deformação do terreno e contribui para um tipo de perda denominado resistência ao rolamento, que, de modo simples, pode ser compreendido como a parte da energia que está no rodado que é gasta para vencer a deformação causada por ele mesmo no terreno – é como se o trator estivesse criando um obstáculo para seu próprio avanço, Figura 3.

A eficiência em tração, aqui expressa como eficiência do rodado, é maximizada quando há uma combinação de resistência ao rolamento com patinagem. A patinagem é necessária para maximizar a eficiência quando os tratores estão exercendo elevado esforço em tração. Quando o trator está operando com lastro superior ao adequado a deformação do terreno e do próprio pneu é elevada e isto reduz a quantidade de energia que pode ser aproveitada na barra de tração, linha laranja da Figura 4. Quando o trator está com lastro insuficiente ocorrem perdas pelo excesso de patinagem, linha verde da Figura 4. A combinação desses dois fenômenos condiciona a quantidade de perda total, linha vermelha da Figura 4, que também pode ser expressa em termos de eficiência, Figura 5.

A eficiência em tração é máxima quando o terreno oferece elevada resistência mecânica para que o pneu possa exercer força de tração, por exemplo, quando o trator está trafegando no concreto em ensaios de desempenho em tração. Na condição de uso, entretanto, os terrenos são mais ou menos soltos e o pneu, para exercer esforço em tração, precisa provocar o aumento do atrito interno entre as partículas do solo. Quanto mais solto o solo, maior a alteração feita pelo pneu é necessária para elevar o atrito interno. A Figura 5 traz alguns parâmetros aproximados de patinagem para terrenos distintos.

Com base no exposto fica claro que para aproveitar ao máximo a potência disponível nos tratores é necessário o contínuo monitoramento e ajuste de lastro e patinagem nas operações que demandem elevado esforço em tração.

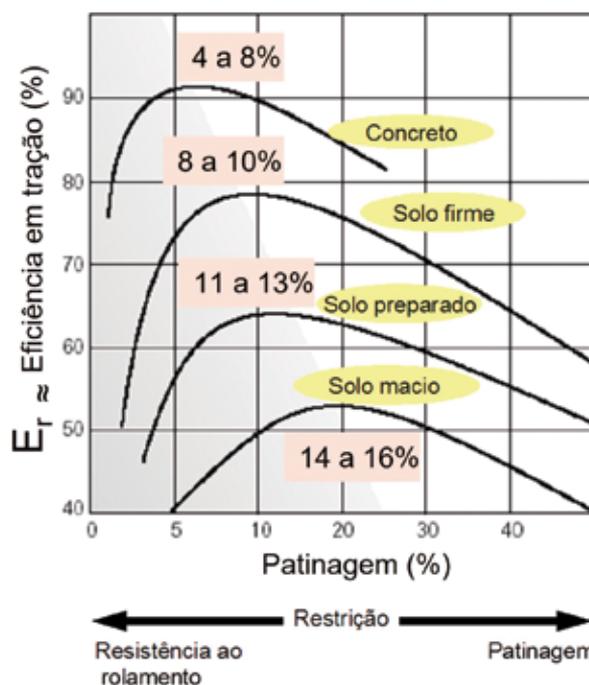
Para este tipo de aplicação a eventual falta de potência no trator pode ser parcialmente contornada pela redução na velocidade da operação, o que permite aumentar a força de tração. Neste caso, cuidado deve ser tomado para evitar esforço excessivo, o que tende a desgastar os pneus e a transmissão dos tratores, reduzindo sua vida útil.

Nos casos em que há potência de sobra no trator há a oportunidade de operar em velocidade mais alta, porém respeitando os limites da operação, usualmente dados pela qualidade obtida na interação dos órgãos ativos da máquina acionada com o meio de operação. Nestes casos, por vezes é possível trabalhar com menor rotação do motor, reduzindo o consumo de combustível. O excesso de potência no trator pode também causar

diversos problemas nos equipamentos acionados, como rupturas e desgaste acelerado, o que reduz a vida útil, além de aumentar os custos com manutenção. 

Leandro M. Gimenez
José P. Molin,
Laboratório de Agricultura de Precisão, Esalq – USP

Figura 4 - Relação entre resistência ao rolamento, patinagem e perda de potência na barra de tração



$$E_r = (1 - \text{patinagem}) * \frac{\text{Tração líquida}}{\text{Tração bruta}}$$

Figura 5 - Valores de referência da patinagem para tratores de rodas operando em terrenos com características distintas, que resultam na eficiência do rodado Er

