

TABELA 2 – Custo da mão-de-obra na usinagem, soldagem e montagem, baseado em um custo de Cr\$4.000,00/ homem-hora.

Itens	Horas	Custos (julho 83) Cr\$4.000,00/ homem-hora
01. Suporte do distribuidor (1)	3	12.000,00
02. Suporte do tanque cobre (4)	1/2	2.000,00
03. Velas (4)	1/2	2.000,00
04. Tubo para velas (4)	1/2	1.000,00
05. Braçadeira para velas (4)	1	4.000,00
06. Tampa, lugar da bomba (1)	1/4	1.000,00
07. Pistões (4)	3	12.000,00
08. Suporte bobina (1)	1/2	2.000,00
09. Passagem fios de velas (1)	1/4	1.000,00
10. Conexão água (1)	1/2	1.000,00
11. Coletor de admissão e trocador de calor	5	20.000,00
12. Mecânica, montagem (sobre montagem diesel)	2	8.000,00
13. Lanternagem e pintura	6	24.000,00
TOTAL		90.000,00

OBS: Cada número entre parênteses refere-se ao número de peças usinadas ou confeccionadas.

TABELA 3 – Custo Total

a. Custo da Conversão . . .	216.000,00
b. Custo da M.O., Usinagem, Sold.	90.000,00
TOTAL	306.000,00

está sendo usado diariamente, puxando uma carreta para transporte na microdestilaria de álcool daquela entidade. Neste serviço, já acumulou 400 horas.

Em ensaios de consumo no campo, na operação de gradagem, o trator convertido apresentou um consumo de 11 l de álcool/hora, com desempenho similar ao diesel.

REFERÊNCIA

FINCH, E.O., BRANDINI, A & BRICK, A. Álcool fueled (farm tractor efficiency and reliability). In: International Symposium on Álcool FUELS TECHNOLOGY, S., Auckland, 1982. *Proceedings*. Auckland, 1982.

Álcool - a alternativa viável para substituir o óleo diesel em tratores agrícolas

↙ Edwin O. Finch
Pesquisador/CNPMS
Adhemar Brandini
Assessor da Diretoria/EMBRAPA



CENÁRIO ENERGÉTICO

Está-se na época em que as principais notícias nas redes de televisão são relacionadas à crise econômica — a dívida externa brasileira é de US\$ 85 bilhões, os juros internacionais são altos, as exportações vão ou não gerar as divisas necessárias para o balanço de pagamentos ficar dentro das metas para 1983? É quase como se a crise do petróleo fosse esquecida, pois o barril internacional baixou e ficou em US\$29.00. A este preço, será que ainda se precisa de alternativas?

Adotando o ponto de vista de que um dólar gasto para a compra de petróleo é, na realidade, emprestado a juros de 5% ao ano (os juros da "primerate" americana de 10,5% menos inflação de 3,7% dá uma taxa de juros real de 6,8% no presente momento) para 15 anos, encarecerá o barril 2,07 vezes. Quer dizer, um barril a US\$ 29.00 + US\$2.00 para colocá-lo num porto brasileiro, vezes estes 2,07, realmente custa US\$64.17 por barril, distribuídos nos próximos 15 anos.

Para cada litro adicional de óleo diesel consumido, o país precisa importar aproximadamente três de petróleo bruto, pois este é o componente da refinação em que a demanda apresenta-se maior do que a fração refinada. A especificação do óleo diesel já se encontra modificada num esforço grande de aumentar o percentual diesel saído da refinaria (pode-se até confirmar que o álcool já substitui o óleo diesel indiretamente, porque liberou alguns componentes leves que antes se destinavam à gasolina e hoje são incorporados ao óleo diesel).

Verifica-se então que um barril de óleo diesel não consumido (além do ponto de equilíbrio na refinação) representa uma economia de aproximadamente US\$110.00, valor este calculado em função da relação barril óleo Diesel/barril de petróleo, e do custo do barril de petróleo.

Juntando a este cenário, o fato de que 17% do óleo diesel consumido tem por objetivo movimentar atividades agrícolas no País e que estas atividades são essenciais para gerar exportações de produtos agrícolas, torna-se altamente vantajosa a substituição do óleo diesel gasto nas lavouras brasileiras.

AS OPÇÕES

Em aplicações estacionárias como conjuntos de irrigação, grupos geradores de eletricidade etc., tanto o biogás como o gás pobre de gasogênio representam opções aceitáveis. Ambos os combustíveis podem ser utilizados diretamente (100%) em motores ciclo "otto", com pequenas e fáceis adaptações, embora a queda de potência seja brusca no caso do gasogênio, ficando em torno de 60% da original. Um motor projetado para álcool, com a taxa de compressão em torno de 12 para 1, dará um resultado melhor, em termos de rendimento, mediante o uso destes carburantes, do que um de baixa compressão a gasolina. O biogás e o gás pobre podem ser aproveitados também em motores ciclo "diesel" em proporções de 80 a 90% gás e 10 a 20% óleo diesel, carburados e injetados, respectivamente. Uma vez mais, há uma queda significativa de potência, no caso de gasogênio, embora não tanto quanto em motores "otto".

O consumo de dezenas de metros cúbicos por hora inviabiliza o uso de biogás natural em tratores e o custo de separar metano e engarrafá-lo a alta pressão, até o momento, não é uma técnica muito praticável.

Mesmo com vários tratores movidos a gasogênio, já em operação, e alguns deles em pesquisa na EMBRAPA, a tecnologia não se apresenta ideal. Necessita-se ainda de desenvolvimento nas áreas de produção de gás, acompanhamento e manejo, filtragem do gás, dimensionamento e qualidade do carvão, resfriamento do gás, rendimento dos motores, "packaging", durabilidade e confiabilidade dos componentes, custo de investimentos e, o mais importante, segurança operacional. Lembrando, também, que o preço do carvão é muito elástico, estudos econômicos serão desejáveis para confirmar se as vantagens econômicas, extremamente compensadoras hoje, continuarão com uma procura maior de carvão vegetal.

Óleos vegetais, ou melhor, ésteres etílicos de óleos vegetais em motores ciclo "diesel" aparentemente é uma opção bem promissora. Testes de acompanhamento de uma frota de tratores da EMBRAPA, usando este combustível, encontram-se na fase inicial num programa patrocinado pela STI/MIC. Restam pesquisas a médio e longo prazo, nas áreas agrônomicas e eco-

nômicas. Para estabelecer sua viabilidade, pois, no momento, óleos vegetais são caros e requerem investimentos maiores em terra e insumos, além de serem comestíveis. (É bom salientar que pesquisas em motores por várias equipes no mundo já concluíram a inviabilidade do uso de óleos vegetais in natura, a não ser para poucas horas e/ou numa emergência).

ÁLCOOL — A MELHOR OPÇÃO

O álcool é um bom combustível para o ciclo "otto", por ter uma octanagem alta, mas é péssimo para o ciclo "diesel" por ter um índice de cetano extremamente baixo. Em geral, os tratores são locomovidos por motores ciclo "diesel".

Torna-se evidente que é necessário adequar-se o motor ao combustível ou o combustível ao motor, ou ainda, as duas coisas. Portanto, apareceram os seguintes sistemas para o uso de álcool em motores tradicionalmente de domínio diesel.

1 — Álcool + aditivo acelerador de combustão + 1% de óleo de mamona em motores diesel, com bombas injetoras modificadas para lubrificação forçada.

2 — 10 a 20% de óleo diesel injetado como chama piloto para queimar 90 a 80% de álcool hidratado contendo 1% de óleo de mamona. Este sistema necessita de modificações básicas no desenho do cabeçote do motor e dois sistemas completos de injeção.

3 — Substituição do motor diesel para outro de ciclo "otto" movido a álcool hidratado. Isto pode ser feito de duas maneiras:

a) "ottomizar" o motor diesel pelo projeto novo da fábrica ou uma adaptação adequada para motores já em serviço.

b) colocação de um motor veicular leve, movido a álcool, na aplicação diesel.

4 — Carburação de álcool como segundo combustível em motores diesel, geralmente turbo alimentados.

Os sistemas 1, 2 e 3.a. mantêm a mesma robustez do diesel original, enquanto o 3. b. é limitado a aplicações em que a confiabilidade e durabilidade do conjunto não sejam comprometidas demasiadamente pelo motor projetado para uma outra finalidade.

O sistema 4 não está sendo seriamente considerado no Brasil, pois está sendo usado apenas em motores turbo

alimentados e economiza pouco o consumo de diesel. É mais usado em "provas de força" norte-americanas onde é desejável tirar-se alta potência do motor, custe o que custar, embora alguns fazendeiros daquele país já tenham adaptado o sistema em serviços normais nas suas fazendas.

O sistema I está sendo amplamente investigado pela indústria brasileira de motores diesel, para aplicações em ônibus e caminhões de transporte. Desde que se necessite da adição de uma química aceleradora de combustão e óleo de mamona, o combustível não é tão fácil de se preparar ao nível de propriedades agrícolas.

O álcool é hoje um combustível cuja tecnologia o Brasil domina: — desde a produção da matéria-prima até sua transformação e utilização. Seu custo de produção por unidade de poder calorífico está bem perto do preço de venda estabelecido para a unidade de poder calorífico de óleo diesel. Se se considerar o cenário energético, como já foi comentado, o seu valor econômico para o país é bem maior. O álcool é líquido, fácil de estocar e fácil de dosar (carburar ou injetar) em motores de alta eficiência termodinâmica. No aspecto agrônomo, produz muito mais (mais do dobro de óleos vegetais) por hectare/ano e com menos insumos.

O álcool também já está sendo produzido em alta escala no país, e pode ser produzido economicamente ao nível de propriedade rural, em microdestilarias, desde que elas sejam de uma dimensão mínima adequada.

CARACTERÍSTICAS DO TRATOR CICLO OTTO A ÁLCOOL

Tratores agrícolas geralmente operam numa faixa de carga elevada. Porém, devido a irregularidades naturais do terreno, esta faixa sofre freqüentes variações. É raro tratores agrícolas trabalharem em marcha lenta ou com carga extremamente leve. A Figura 1 mostra o tipo de carga encontrada por tratores agrícolas em contraste com veículos rodoviários (caminhão, ônibus etc.).

Isto implica na perfeita utilização do motor a álcool, ciclo OTTO, em tratores agrícolas, pois este tipo de motor apresenta, comprovadamente, uma alta eficiência, acima de 40% de carga (esta é uma característica inerente aos motores com carburadores). O

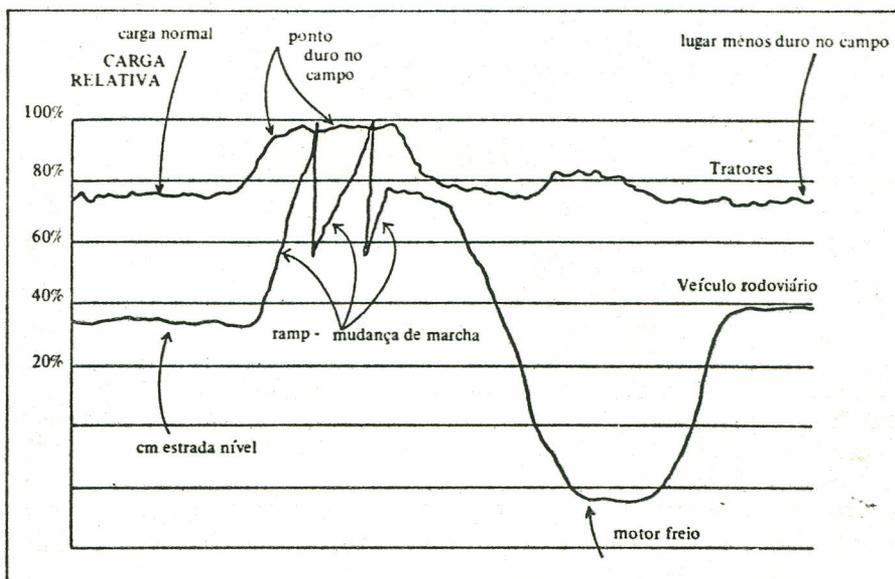


Fig. 1 — Contraste na variação de carga no motor de um trator e de um veículo rodoviário.

O trator com motor a álcool apresenta alta eficiência em trabalhos como gradagem.

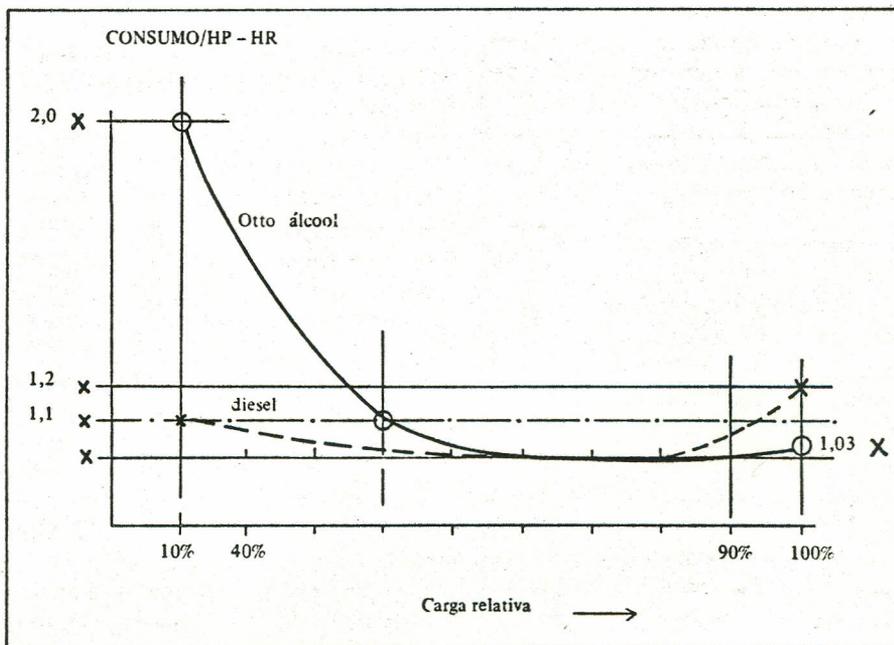


Fig. 2 — Tendência do consumo/HP do motor, em álcool e em diesel, segundo a carga relativa.

ciclo DIESEL apresenta vantagem apenas com baixa carga, uma condição rara em operações agrícolas.

A Figura 2 mostra a tendência de consumo dos motores DIESEL e OTTO a álcool, sendo "x" consumo mínimo de cada combustível.

De fato, no ciclo OTTO, a utilização de etanol traz alguns benefícios: a evaporação do álcool no coletor de admissão e no cilindro de combustível garante uma alimentação do cilindro mais densa, com menos trabalho relativo de compressão. O aproveitamento das características do etanol ao máximo em motores de ciclo OTTO alcança uma eficiência superior à do diesel, porém com taxas de compressão inferiores (por volta de 12 para 1 em vez de 16 ou 18 para 1). Isto não é uma surpresa, pois o ciclo termodinâmico OTTO é superior ao DIESEL, embora, na prática, o motor diesel tenha demonstrado mais eficiência, devido a sua alta taxa de compressão. Nota-se que a taxa não é tão diferente entre motores diesel e álcool como entre diesel e gasolina. Também a melhor relação entre o rendimento termodinâmico e perdas mecânicas ocorre com uma taxa de compressão em torno de 14 a 1 na maioria dos motores, sejam DIESEL ou OTTO. Esta taxa não está sendo utilizada na maioria dos motores por limitação dos combustíveis.

CONSUMO VOLUMÉTRICO DO TRATOR A ÁLCOOL

Pelo poder calorífico é de se esperar um consumo de 1,7 litros de álcool para substituir um litro de diesel. Pelos 20% de aumento em consumo do carro a álcool sobre o a gasolina (Tabela 1) e 54% do carro a gasolina sobre o a diesel (Tabela 2), o consumo de álcool deveria ficar em 1,85 litro para substituir 1,0 litro de diesel.

As Tabelas 3 e 4 mostram os resultados de testes de campo no CNPMS. Eles são melhores do que se podiam esperar pela simples lógica acima. É claro então que a conversão da energia química em trabalho mecânico foi mais eficiente no caso do trator a álcool do que no trator a diesel.

POTÊNCIA DO TRATOR A ÁLCOOL

O projeto de desenvolvimento do motor a álcool para tratores traz aproximadamente 5% a mais de potência do que o de diesel do mesmo modelo.

TABELA 1 - Programa de Ensaio de Consumo de Veículos (Carro)

Álcool x Gasolina

Realizados no período de 15.7.81 a 12.9.81.

Local: Laboratório da Cetesb.

Norma Utilizada: NBR 7024/Dez - 81.

Veículo	Álcool		Gasolina		Variação Percentual Álcool/Gasolina (%)	
	C.Urbano km/ℓ	C.Estrada km/ℓ	C. Urbano km/ℓ	C. Estrada km/ℓ	C. Urbano	C. Estrada
A	7,0	9,8	8,2	12,1	14,8	19,4
B	7,2	10,8	8,8	13,5	18,5	19,8
C	7,2	10,5	9,0	13,5	20,9	21,9
D	7,7	10,7	10,2	14,0	24,8	23,7
E	7,4	10,2	8,7	13,4	15,2	23,8
F	6,9	10,0	9,4	13,4	26,8	25,3
G	6,5	8,9	8,0	11,8	19,1	24,2
Média Geral					20,0	22,6

Fonte: SOPRAL (1982)

Mais importante ainda é o fato de que a diferença a favor do trator a álcool apresenta-se mais expressiva na faixa de rpm utilizado no campo (Figura 3).

Em condições de campo necessita-se de menos mudança de marcha, além de se ter 10% a mais de trabalho por dia. A Figura 4 sumariza o potencial de aproveitamento do trator a álcool para produzir mais, durante o mesmo tempo.

TABELA 2 - Consumo de Veículos (carro) nos EUA e Europa. - Diesel em Relação à Gasolina (%)

VW - Rabbit	163%
Mercedes - Benz	159%
Cadillac Seville	141%
Média	154%

Fonte: WARDS Automotive Magazine, 1981.

TABELA 3 - Consumo de Tratores.

Testes de campo FORD 4600 álcool e diesel - e álcool com porcentagem de diesel.

CNPMS, Sete Lagoas, MG. 11.8.81.

Aração profunda: 25 cm em solo aluvial - arado de 3 discos de 28".

Motor RPM/Marcha	Consumo por Área		Tempo Segundos	Consumo por Tempo Litros/Hora
	mℓ em 135 m x 2 x 1,3 m	Litro/Hectare		
2000/5 ⁰	705 (500) 141%	20,1 (14,2)	150 (162) 93%	16,9 (11,1) 152%
1900/5 ⁰	695 (505) 138%	19,8 (14,4)	157 (180) 87%	15,9 (10,1) 157%
2000/4 ⁰	780 (570) 137%	22,2 (16,2)	178 (212) 84%	15,8 (9,7) 163%
1900/4 ⁰	730 (540) 135%	20,8 (15,4)	184 (208) 88%	14,3 (9,3) 154%

Fonte: CNPMS

TABELA 4 - Consumo de Tratores.

Testes de campo FORD 4600 álcool e diesel - e álcool com porcentagem de diesel.

CNPMS, Sete Lagoas, MG. 10.8.81.

RPM em 5ª Marcha	Consumo por Área*		Tempo Segundos	Consumo por Tempo Litros/Hora
	mℓ em 150 m x 2 x 2,5 m	Litro/Hectare		
2000	500 (345) 145%	6,7 (4,6)	143 (144) 99%	12,6 (8,6) 147%
1900	470 (290) 162%	6,3 (3,9)	151 (153) 99%	11,1 (6,8) 165%
1800	490 (305) 161%	6,5 (4,1)	162 (166) 98%	10,9 (6,6) 165%
1700	490 (290) 169%	6,5 (3,9)	171 (175) 98%	10,2 (6,0) 172%
1600	490 (290) 169%	6,5 (3,9)	175 (183) 96%	10,1 (5,7) 177%

*Grade de 26 discos operando no mesmo tempo, tipo de solo, ajuste, profundidade etc. Serviço entre leve e médio.

Fonte: CNPMS

CONFIABILIDADE DO TRATOR A ÁLCOOL

Uma frota de dez tratores a álcool vem operando na EMBRAPA há mais de três anos e acumulou mais de 25.000 horas sem problemas sérios atribuídos ao fato de serem a álcool. Inspeções de motores abertos, após centenas de horas no campo, mostraram que as peças estavam perfeitamente normais e até mais limpas do que aquelas dos motores a diesel, e com desgastes bem abaixo dos limites projetados pela engenharia, dando assim

garantia de longa vida ao motor. Como exemplo, velas de ignição com 1.200 horas de uso ainda estavam em perfeito estado de funcionamento. Testes no dinamômetro em motores com 800 e 2.000 horas de uso confirmaram o perfeito estado e plena potência.

PREVISÃO DO MERCADO DE TRATORES A ÁLCOOL

O número de tratores, necessário para manter o tradicional ritmo de crescimento da fronteira agrícola brasi-

leira (incluindo os programas prioritários como PROÁLCOOL, PROFIR, PROVÁRZEAS etc.) e para fazer reposição do atual parque de tratores, está estimado na Tabela 5. A estimativa é baseada em aproximadamente 110 hectares/trator e a média de venda/ano no período de 10, 11, 12 e 13 anos atrás. Isto pressupõe uma vida útil de 12 anos para um trator, e que a substituição será feita na base de um por um. A frota atual no país é estimada em 450.000 unidades.

Na verdade estes valores parecem inalcançáveis no presente mercado, pois a venda de tratores agrícolas fe-

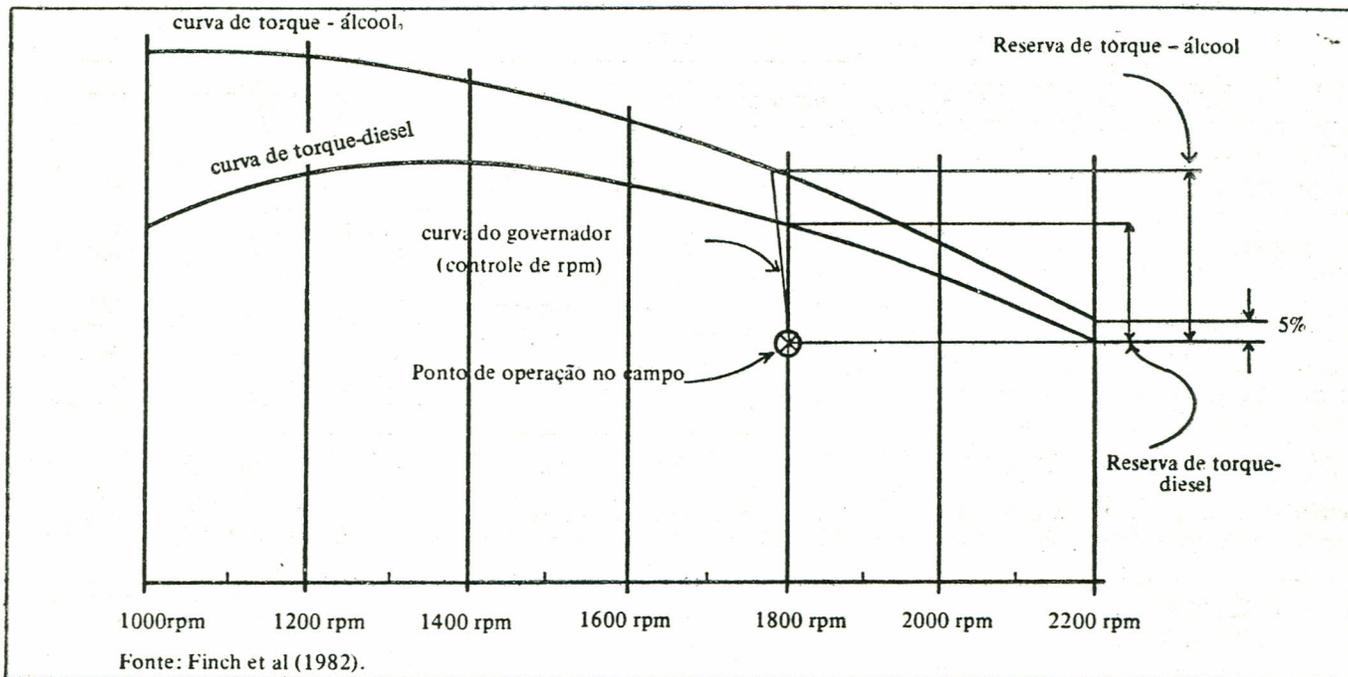


Fig. 3 - Comparação de rendimentos no dinamômetro.

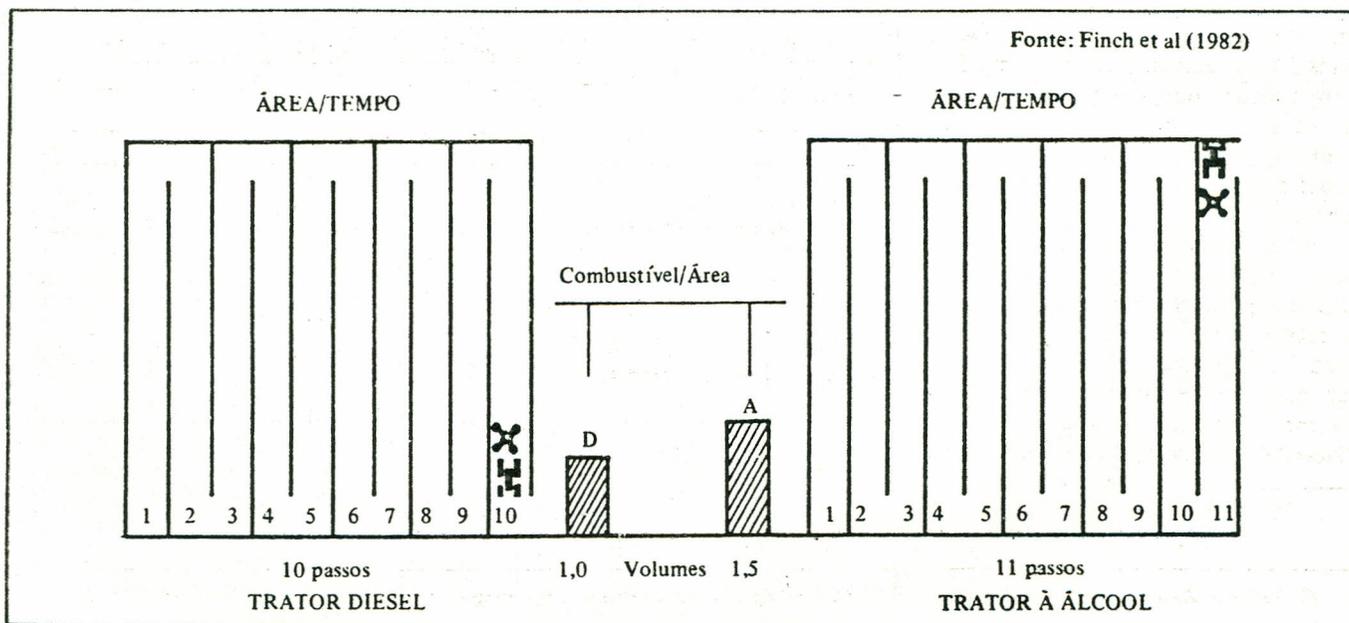
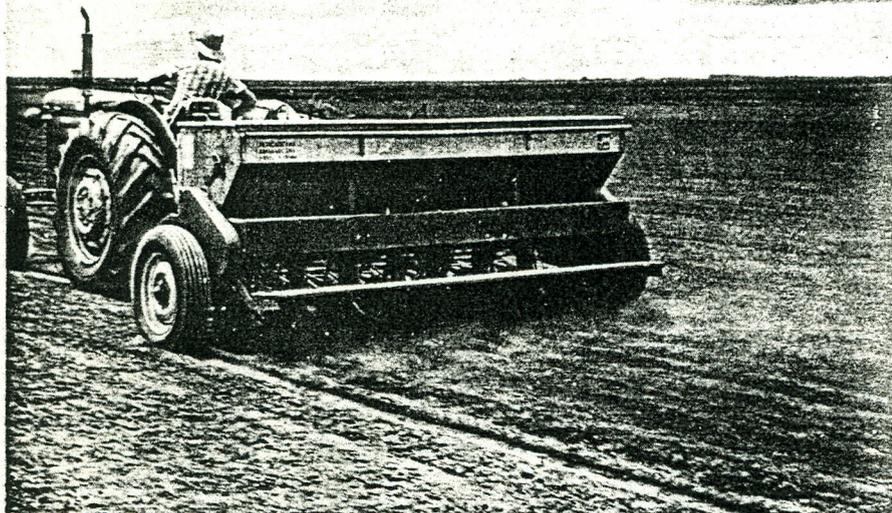


Fig. 4 - Comparação de rendimento no campo.



O crescimento da fronteira agrícola brasileira exige um número cada vez maior de tratores e implementos.

Demanda de tratores por ano	1983/84	1984/85	1985/86
Expansão agrícola (mil tratores)	18,0	18,5	19,0
Reposição (mil tratores)	48,0	57,0	60,0
Total (mil tratores)	66,0	75,5	79,0

Fonte: Finch et al (1982)

a) 151 milhões de litros x US\$ 110.00/barril ÷ 159 litros/barril = US\$ 104 milhões.

b) 728 milhões de litros x US\$ 110.00/barril ÷ 159 litros/barril = US\$ 504 milhões.

	1983/84	1984/85	1985/86
Hipótese 1: somente em cana (30% da expansão e 6% da reposição):			
número de tratores a álcool (mil)	8,3	9,4	9,3
% álcool de todos os fabricados	21%	28%	12%
Hipótese 2: em cana e mais uma porcentagem "x" do restante da frota:			
% do restante da frota "x"	10%	15%	20%
número de tratores a álcool (mil)	14,0	19,4	23,2
% álcool de todos os fabricados	21%	28%	29%
Hipótese 3: estimativa baseada em vendas totais em 1982 de 24.000 unidades	2,4	4,8	4,8
% álcool de todos os fabricados	10%	20%	20%

	1983/84	1984/85	1985/86	Total de 3 anos
Hipótese 1: Economia de diesel (milhões de litros)	58	124	189	371
% redução no diesel agrícola	1,7%	3,6%	5,3%	
Hipótese 2: Economia de diesel (milhões de litros)	98	234	396	728
% redução no diesel agrícola	3,0%	6,9%	11,2%	
Hipótese 3: Economia de diesel (milhões de litros)	17	50	84	151
% redução no diesel agrícola	0,6%	2,1%	4,1%	

chou o ano de 1982 com pouco mais de 24.000 unidades. Há quem fale que 1983 será pior, com menos de 20.000 unidades para toda a indústria de tratores, uma indústria com capacidade instalada de produzir mais de 100.000 tratores por ano. É claro que, nesta situação, a lavoura está sendo descapitalizada. Assim é difícil estimar, sem incorrer em erro, a verdadeira demanda para tratores a álcool. O melhor que se pode fazer é levantar hipóteses. Estão apresentadas na Tabela 6, e variam de um mínimo de 2.400 tratores a um máximo de 14.000 unidades em 1983/84 até 4.800 mínimo e 23.200 máximo em 1985/86.

Usando-se estas hipóteses e o consumo de 7.000 litros de diesel/trator/ano, pode-se concluir que a economia de diesel deve ficar entre 17 e 98 milhões de litros (1 a 3% do diesel consumido em tratores) em 1983/84, e entre 84 a 396 milhões de litros (4 a 11%) em 1985/86. Pelo argumento apresentado na introdução (1 barril de óleo não consumido = US\$110,00) e os dados da Tabela 7, pode-se verificar que a adoção do uso de tratores a álcool em três anos economizará aproximadamente:

A substituição destes 151 a 728 milhões de litros de óleo diesel implica também na necessidade de produção de mais ou menos 226 a 1.092 milhão de litros de álcool, com lavouras de 75 a 364 mil hectares de cana e sorgo, bem como gerando 4.500 a 15.000 empregos agrícolas e na agroindústria.

REFERÊNCIAS

FINCH, E.O.; BRANDINI, A. & BRICK, A. Alcohol fueled farm tractor efficiency and reliability. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ALCOHOL FUELS TECHNOLOGY, 5., Auckland, 1982. *Proceedings* ... Auckland, New Zealand, 1982.

FINCH, E.O.; BRANDINI, A. & BRICK, A. A potencialidade para o trator a álcool na lavoura brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 12., Itabuna, 1928. Anais ... Itabuna, CEPLAC, 1982.

SOCIEDADE DE PRODUTORES DE AÇÚCAR E DE ÁLCOOL, SÃO PAULO. *Avaliação do carro a álcool*. São Paulo, 1982. (Coleção SOPRAL).