

## *DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO DO ESTOQUE DE TRATORES PARA A LAVOURA DO ARROZ*

Valter José Stulp<sup>1</sup>  
Juvir Luiz Mattuella<sup>1</sup>

**RESUMO** - Este estudo apresenta um modelo que determina a dimensão economicamente ótima do estoque de tratores para uma lavoura de arroz. O modelo considera, além dos preços do produto e dos fatores, o potencial de trabalho dos tratores em função da distribuição da precipitação pluviométrica. O modelo é aplicado à lavoura de arroz do Rio Grande do Sul. É analisado, também, o impacto da drenagem do solo no estoque ótimo de tratores.

**Termos de indexação:** Modelo econômico, mecanização agrícola, lavoura de arroz, drenagem do solo.

## *ECONOMIC DETERMINATION OF MACHINERY SIZE FOR THE RICE FARM*

**ABSTRACT** - This study presents a model to determine the economically optimum number of tractors for a rice farm. The model includes the potential of the tractors as a function of the distribution of rainfall, besides the prices of the product and factors of production. As an application, the model is used to determine the optimum number of tractors for the rice farms in Rio Grande do Sul. The impact of soil drainage on the optimum number of tractors required by a farm is also analyzed.

**Index terms:** Economic model, farm mechanization, rice farms, soil drainage.

---

<sup>1</sup> Professores titulares da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Depto. de Ciências Econômicas. Av. João Pessoa, 31 - CEP 90040-000 - Porto Alegre - RS - Fone: (051) 316.3094. Este estudo resulta da execução de um projeto de pesquisas apoiado pelo CNPq, com a colaboração dos alunos bolsistas George Hamilton Francioni Ferrugem e Luciano de Campos Carmona.

## INTRODUÇÃO

Em diversos estudos realizados sobre custos de produção de lavouras no Sul do País, os autores constataram que, muitas vezes, os itens relacionados com máquinas e implementos representavam uma parcela ponderável desses custos. Esse mesmo fato também foi observado na produção de arroz irrigado.

Analisando-se informações sobre custos de produção coletadas pelo Instituto Riograndense do Arroz (IRGA) junto a sessenta e oito produtores de arroz do estado, pode-se observar que a participação dos itens relacionados com máquinas era bastante significativa. Ainda nas empresas agrícolas investigadas, onde as máquinas tinham participação maior no custo total, o custo unitário do produto era mais elevado. Isto pode ser tomado como um indicativo de ineficiências relacionadas com dimensionamento inadequado do estoque de máquinas em relação à área da lavoura (Mattuella e Stülp, 1994).

Uma das razões que pode levar ao superdimensionamento da frota da maquinaria, em relação às reais necessidades de uma empresa agrícola, é o fato de sua área ser pequena e, portanto, insuficiente para utilizar plenamente o potencial de uma máquina, o que parece ser um fato comum em regiões de minifúndio. A solução para esse caso pode estar na formação das cooperativas de mecanização ou em outra forma coletiva de utilização da maquinaria.

Em muitos casos, o problema do superdimensionamento do estoque de máquinas tem origem na incerteza das condições climáticas que possam vir a ocorrer por ocasião dos trabalhos de campo e da garantia que o produtor quer ter para poder executá-los. Assim, muitas vezes, ele pode optar por um número maior de máquinas, em face a esta incerteza. Entretanto, pode ser mais vantajoso, economicamente, ter um conjunto de máquinas menor, mesmo que, em certos anos de condições climáticas desfavoráveis, não seja possível cultivar toda a área disponível. Assim, pode ser mais lucrativo ter perdas eventuais de receitas do que ter um custo fixo muito elevado, com a manutenção de grande estoque de máquinas.

O problema da relação econômica adequada entre o estoque de máquinas e a área da lavoura pode ser analisado sob dois enfoques que, geralmente, conduzem a resultados diferentes. O primeiro seria o de estimar a área de lavoura adequada a um conjunto de máquinas existente. O segundo seria o inverso, ou seja, estimar um estoque de máquinas adequado para determinada área de lavoura. Em termos de produção de arroz, a primeira situação poderia representar o dilema do arrendatário que busca uma área de terra adequada ao seu estoque

de máquinas, enquanto a segunda situação seria a do proprietário de terras que busca dimensionar um estoque de máquinas adequado ao tamanho de sua área de lavoura.

Os dois enfoques envolvem a relação entre quantidade de máquinas e área de lavoura e podem ser considerados como ajustamentos estruturais de curto prazo, pois, em cada tipo de decisão, um dos fatores é fixo.

Assim, este trabalho objetiva apresentar uma metodologia em que se consideram as condições de precipitação pluviométrica para dimensionar tanto uma área adequada a um conjunto de tratores como o estoque ótimo destes em relação a uma área de lavoura. Além disso, também é feita uma aplicação deste método à lavoura de arroz irrigado do Rio Grande do Sul .

## **METODOLOGIA**

Para se dimensionar a relação econômica ótima entre área de lavoura e número de tratores, é necessário, primeiramente, obter algumas estimativas das condições meteorológicas. O tempo disponível para o trabalho feito por um conjunto de tratores, em determinada safra, depende, basicamente, das condições meteorológicas e das características do solo, principalmente de sua capacidade de drenagem. A primeira varia de ano para ano, enquanto a segunda está associada à presença, ou não, de obras de drenagem. Porém, ambas atuam sobre a umidade do solo, que, por sua vez, influencia a possibilidade ou não do trânsito de máquinas sobre ele.

Sabe-se que a umidade do solo, num determinado dia, depende do nível da precipitação pluviométrica ocorrida neste e em dias anteriores, dos ventos, da insolação, da umidade do ar, da temperatura, etc.. Entretanto, para este estudo, considera-se que a umidade depende apenas do nível de precipitação pluviométrica diária. Faz-se esta simplificação tendo em vista que os dados utilizados provêm de um experimento relacionando com essas duas variáveis, conduzido nas proximidades de Porto Alegre, em solo característico da lavoura arrozeira gaúcha, abrangendo o período de preparo do solo, semeadura e dos principais tratamentos culturais deste cereal. O experimento ainda estabelece comparações entre a área drenada e a não drenada (Gabetto, 1983).

Com base nos dados deste experimento, estima-se, inicialmente, uma função que relaciona a umidade do solo com a lâmina da chuva (total da precipitação de uma chuva) e o número de dias transcorridos desde o término desta. É esti-

mada uma função para um solo sem drenos e outra para um solo com infraestrutura de drenagem. Essas funções são da seguinte forma geral:

$$U = f(L, D), \text{ em que}$$

U = Umidade gravimétrica do solo;

L = Lâmina ou nível da chuva, em milímetros;

D = Número de dias transcorridos desde o término da chuva, sendo que o último dia da chuva é  $D = 0$ ; um dia após,  $D = 1$ ; e assim por diante.

A expressão que melhor se ajusta aos dados é a seguinte:  $U = A * L^B * e^{C * D}$ , que representa a base do logaritmo neperiano, sendo A, B, C coeficientes.

A função estimada para a área não drenada é  $U = 23,3092 * L^{0,1323} * e^{-0,2017 * D}$ . Também é ajustada uma função aos dados observados em relação à área drenada com drenos de plástico afastados 30 metros uns dos outros. A estimativa resulta na seguinte equação:  $U = 15,8143 * L^{0,0756} * e^{-0,1347 * D}$ .

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ), ajustado aos graus de liberdade, da primeira estimativa é igual a 0,74 enquanto o da segunda é de 0,40. Todos os coeficientes estimados são altamente significantes, exceto o B, da equação relacionada com área drenada cuja significância estatística é de 20%.

Nota-se, assim, que o efeito da lâmina da chuva sobre a umidade do solo é menos significativo quando a área é drenada do que quando a área não é drenada. A causa talvez seja o rápido escoamento da água pelos drenos. Assim, o efeito sobre a umidade do solo de uma chuva de grande intensidade não seria muito diferente daquele de uma chuva de intensidade média, pois, em ambos os casos, o tempo de escoamento da água seria praticamente o mesmo.

A partir dessas funções e com base em dados de precipitação pluviométrica diária ocorrida em uma série de anos passados, é possível obter uma estimativa da distribuição dos dias potenciais de trabalho com tratores ao longo dos anos, tanto em relação ao solo drenado quanto ao não-drenado.

Para estimar essas distribuições dos dias potenciais de trabalho com tratores para a lavoura de arroz do Rio Grande do Sul, as funções acima foram generalizadas em relação às cinco regiões de produção de arroz do estado, ou seja, o litoral norte, o litoral ou região Sul, a depressão central, a campanha e a fronteira oeste, embora a sua aplicação a essas duas últimas regiões tenha restrições por parte dos técnicos, pois elas apresentam características edafoclimáticas diferentes das existentes na área do experimento.

Para cada uma dessas cinco regiões, selecionou-se um posto de observação meteorológica do Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária, cujas informações representassem as condições de precipitação pluviométrica da região. Este posto foi definido em função da disponibilidade de uma série longa de dados. Assim, foram selecionados como representativos das respectivas regiões, os postos de Pelotas (Litoral Sul), Porto Alegre (Litoral Norte), Santa Maria (Depressão Central), Bagé (Campanha) e Uruguaiana (Fronteira Oeste).

O período que melhor define a relação ótima entre área da lavoura e tratores é aquele em que ocorre o uso mais intenso dessas máquinas. Portanto, consideraram-se os meses de agosto, setembro, outubro e novembro, quando no sistema tradicional ocorrem o preparo do solo, o plantio e outros tratos culturais, como sendo este período.

No 8º Distrito de Meteorologia do Ministério da Agricultura, sediado em Porto Alegre, foram coletadas informações sobre a precipitação pluviométrica diária ocorrida nos últimos 25 anos, durante os meses de agosto a novembro, em cada um desses cinco postos de observação meteorológica.

Com base nessas informações sobre as chuvas e nas funções que relacionam a umidade do solo com as precipitações, é estimado, tanto em relação à área drenada quanto à não-drenada, o número de dias próprios para o trabalho com trator ocorridos, no período de quatro meses, considerado, em cada um destes 25 anos e em cada uma destas cinco regiões. Para tanto, é estimado, inicialmente, o número de dias impróprios para o trabalho com trator, chegando-se, por diferença e com a exclusão, ainda, dos domingos, ao número de dias próprios.

Os dias de chuva e aqueles após o término são considerados impróprios, enquanto a umidade do solo, estimada pela função, estiver acima de 15%, considerado como limite máximo para o trânsito do trator.

Estimado o número de dias próprios que ocorreram em cada um dos anos, multiplica-se este por dez horas, considerando que este seja o tempo de trabalho diário do trator, obtendo-se, assim, a estimativa das horas disponíveis em cada ano. Após, dividem-se essas horas disponíveis em cada ano por 5,65 horas, que é o tempo necessário para um conjunto de dois tratores (um grande de 110 CV e um médio de 80 CV) executar as tarefas referentes ao preparo do solo, plantio e tratos culturais para um hectare de lavoura de arroz. Esse quociente representa o número de hectares que potencialmente poderiam ter sido trabalhados por este conjunto de tratores, em cada um dos 25 anos (Anexos 1 e 2).

O estudo considera que essa distribuição ocorrida no passado se repita no futuro. Assim, a distribuição dos hectares potenciais a serem trabalhados com o conjunto de tratores, ao longo dos anos, é incorporada nas funções de lucro sobre as quais as decisões referentes à relação ótima entre área de lavoura e número de tratores tem que ser tomadas.

Para a análise da proposta, considera-se a hipótese de que o produtor queira maximizar o lucro médio ao longo dos anos e não o lucro específico de um determinado ano. Isto é plausível, uma vez que o investimento em tratores é uma decisão de vários anos. Mesmo a decisão de determinar a dimensão da lavoura de arroz para determinado conjunto de tratores pode influenciar o lucro de vários anos, visto que, juntamente com a lavoura, vêm itens de investimento como açudes, silos, etc.

Assim, a relação ótima entre área da lavoura de arroz e número de tratores é determinada, neste estudo, pela maximização da expectância do lucro ao longo dos anos. A expressão da expectância do lucro é desenvolvida sobre dois tipos de função lucro: uma para o problema do ajustamento do tamanho de área para um conjunto de tratores; e outra para a determinação do número ótimo de conjuntos de tratores para determinada área de lavoura.

Em relação ao solo com infra-estrutura de drenagem (solo drenado), a função do lucro para estimar a área ótima, dado um conjunto de tratores, é da seguinte forma:

$$L = HA/CTr * (RB - CV - PAR) - (AD - HA/CTr) * PAR - AD * CAD - CFCTr - OCF \quad (1)$$

em que

L = lucro anual por hectare de lavoura ( R\$/Ha);

HA/CTr = número de hectares trabalhados com o conjunto de tratores;

RB = receita bruta (rendimento vezes o preço do produto), por hectare ( R\$/Ha);

CV = custos variáveis por hectare (R\$/Ha);

PAR = preço do arrendamento ou custo de oportunidade da terra (R\$/Ha);

AD = área de lavoura disponível ao conjunto de tratores ( em Ha);

CAD = custo anual da drenagem por hectare (R\$/Ha);

CFCTr = custo fixo anual do conjunto de tratores (em R\$);

OCF = outros custos fixos, que não os relacionados aos tratores (em R\$).

A diferença entre a área disponível e a trabalhada pelo conjunto de tratores apresenta um custo de oportunidade, pois poderia ter sido arrendada para outros por um preço PAR. Esse custo de oportunidade, igual a  $(AD-HA/CTr)*PAR$ , está incluído na expressão acima.

As variáveis HA/CTr e RB, e também as HA/CTr e CV, são consideradas estocasticamente independentes. Assim, o lucro anual médio ou a expectância do lucro é dada pela seguinte expressão:

$$E(L)=E(HA/CTr)*[E(RB)-E(CV)]-AD*(PAR+CAD)-CFCTr-OCF \quad (2)$$

Ainda substituindo, na expressão acima, o termo  $[E(RB)-E(CV)]$  por  $E(RL)$ , ou seja, a expectância da receita líquida por hectare, obtém-se:

$$E(L)=E(HA/CTr)* E(RL) -[AD*(PAR+CAD)]-CFCTr -OCF \quad (3)$$

Note que  $E(HA/CTr) = f(AD)$ , conforme é explicado no anexo 3. Para estimar essa relação, utiliza-se a seguinte forma funcional:  $E(HA/CTr) = a*AD - b*AD^2$ . Substituindo-se este termo na expressão do lucro esperado (3) e maximizando-o em relação à variável de decisão (AD), chega-se à seguinte expressão para a área de lucro máximo para um conjunto de tratores:

$$AD = \frac{a}{2b} - \frac{1}{2b} \left[ \frac{PAR + CAD}{E(RL)} \right] \quad (4)$$

Esta expressão é válida para valores de AD até o máximo da respectiva distribuição dos potenciais de área do conjunto de tratores, constante nos anexos 1 e 2. No caso em que o AD, estimado pela expressão acima, for maior que o valor máximo da respectiva distribuição dos potenciais, o AD "ótimo" será igual a esse último valor.

Observa-se que a área a ser alocada a um conjunto de tratores aumenta com a receita líquida da cultura e diminui com o preço do arrendamento e com o custo anual da drenagem, no caso da opção por esta prática.

Em relação ao solo sem infra-estrutura de drenagem (solo não drenado), o valor de CAD é igual a zero. As demais expressões e procedimentos são os mesmos vistos acima.

Outra forma de abordar o problema em estudo diz respeito à estimativa do número ótimo de tratores para atender a determinada área cultivada com arroz. A variável de decisão, neste caso, passa a ser a quantidade de tratores, tendo como referencial uma área de lavoura pré-determinada.

Para determinar o número ótimo de tratores para dada área de lavoura, considerando um solo com infra-estrutura de drenagem, parte-se da seguinte expressão de lucro:

$$L = \text{NCTr} * \text{HA} / \text{CTr} * (\text{RL} - \text{PAR}) - [\text{ADA} - (\text{NCTr} * \text{HA} / \text{CTr})] * \text{PAR} - (\text{ADA} * \text{CAD}) / (\text{NCTr} * \text{CFCTr}) - \text{OCF} \quad (5)$$

em que

NCTr = número de conjuntos de tratores (cada conjunto corresponde a um trator grande de 110 CV e um médio de 80 CV) ;

ADA = área total da lavoura de arroz.

Os demais termos são como acima especificados.

A expressão  $[\text{ADA} - (\text{NCTr} * \text{HA} / \text{CTr})] * \text{PAR}$  representa o custo de oportunidade da área de terra que, porventura, permanecer ociosa.

Lembrando que  $E(\text{HA} / \text{CTr}) = f(\text{AD})$ , obtém-se, como sendo a expressão do lucro esperado, a seguinte:

$$E(L) = \text{NCTr} * f(\text{AD}) * E(\text{RL}) - \text{ADA} * (\text{PAR} + \text{CAD}) - \text{NCTr} * \text{CFCTr} - \text{OCF} \quad (6)$$

Viu-se que  $f(\text{AD}) = a * \text{AD} - b * \text{AD}^2$  (Anexo 3). Por outro lado, considerando-se que todos os conjuntos de tratores sejam iguais, haverá uma área idêntica (AD) destinada a cada um desses conjuntos, de modo que  $\text{NCTr} * \text{AD} = \text{ADA}$ , ou ainda,  $\text{AD} = \text{ADA} / \text{NCTr}$ . Substituindo estes termos na expressão do lucro esperado, obtém-se:

$$E(L) = (a * \text{ADA} - b * \text{ADA}^2 / \text{NCTr}) * E(\text{RL}) - \text{ADA} * (\text{PAR} + \text{CAD}) - \text{NCTr} * \text{CFCTr} - \text{OCF} \quad (7)$$

A variável de decisão é NCTr. Derivando a função em relação a essa variável e igualando o resultado a zero, tem-se, como ponto de lucro máximo, a seguinte expressão:

$$\text{NCTr} = [b * E(\text{RL}) / \text{CFCTr}]^{1/2} * \text{ADA} \quad (8)$$

Novamente, em relação ao solo não drenado, o valor de CAD é igual a zero. As demais expressões e procedimentos são os mesmos vistos acima.

## RESULTADOS

### Área ótima de lavoura para um conjunto de tratores

Com base na expressão (4), nas funções constantes no anexo 3 e nos preços vigentes em agosto de 1996, para os insumos e para o arroz, é estimada a área ótima de lavoura desse cereal, por conjunto de tratores, nas diversas regiões de produção do RS. Com um rendimento de 110 sacos de arroz por hectare, tem-se  $E(RB) = R\$1210,00$ . O valor de  $E(CV)$ , referente a insumos, manutenções, mão-de-obra de operários, serviços de terceiros, fretes, secagem do grão, taxas sobre produção e juros sobre capital variável é igual a  $R\$900,00$ , resultando, portanto, na receita líquida de  $R\$310,00$  por hectare. O valor de PAR é igual a  $R\$176,00$  e o de CAD,  $R\$30,00$ .

Com base nesses números, a Tabela 1 apresenta os valores economicamente ótimos de área para o conjunto de tratores considerado. Observa-se que a dimensão da lavoura ótima para solo não drenado é menor do que para o drenado. A drenagem do solo permite a ampliação do tamanho ótimo da lavoura em pouco mais de 20 hectares, por conjunto de tratores, quando o custo anual desta é de  $R\$30,00$  por hectare. Porém, quando esse custo se eleva, a diferença entre as duas áreas ótimas diminui. Esta diferença desaparece quando o custo da drenagem atinge  $R\$85,00/há$ , o que não significa, porém, que a drenagem é economicamente vantajosa até este limite de custo.

Tabela 1 - Dimensões ótimas de área de lavoura, em hectares, para um conjunto de dois tratores na lavoura arrozeira do Rio Grande do Sul, para solo drenado e não drenado

Região de Produção	Solo drenado	Solo não drenado
Litoral Norte	82	59
Litoral Sul	92	66
Depressão Central	81	60
Campanha	95	73
Fronteira Oeste	101	76

Fonte: Dados da pesquisa.

Para avaliar a vantagem econômica do investimento em drenagem, deve-se comparar o lucro esperado obtido em solo drenado com o do solo não drenado. Isto pode ser estimado pelas seguintes expressões:

$$E(L_{cd}) = E(HA/CTr) * E(RL) - AD * (PAR + CAD) - CFCTr - OCF \quad (9)$$

$$E(L_{sd}) = E(HA/CTr) * E(RL) - AD * PAR - CFCTr - OCF \quad (10)$$

A primeira expressão é a do lucro esperado em solo drenado, enquanto a segunda é a do solo não-drenado. A drenagem é economicamente vantajosa, quando  $E(L_{cd}) > E(L_{sd})$ . Substituindo  $E(HA/CTr)$  por  $f_{cd}(AD)$  e  $f_{sd}(AD)$ , e  $AD$  por  $AD_{cd}$  e  $AD_{sd}$ , respectivamente nas expressões 9 e 10, a desigualdade entre os lucros esperados resulta na seguinte inequação:

$$E(RL) * [f_{cd}(AD) - f_{sd}(AD)] - PAR * (AD_{cd} - AD_{sd}) > AD_{cd} * CAD \quad (11)$$

Esta expressão significa que a diferença entre o ganho de receita líquida resultante da drenagem e o aumento no custo do arrendamento pelo uso de área adicional, possibilitado pela drenagem, devem ser maiores que o custo da drenagem.

Designando o termo do lado esquerdo da inequação número 11, acima, por  $M$ , tem-se  $M/AD_{cd} > CAD$ . Para o valor de  $CAD$  igual a R\$30,00, os valores de  $M/AD_{cd}$  das cinco regiões variam de R\$44,00 (Fronteira Oeste) até R\$58,00 (Litoral Norte). Isto significa que, a este custo anual de R\$30,00 por hectare, a drenagem é economicamente vantajosa nas cinco regiões e dentro das características consideradas neste estudo, como, por exemplo, distância entre os drenos de 30 m.

Dentro dessa linha de raciocínio, verifica-se que, quando a área de lavoura é a variável de decisão, a drenagem é economicamente vantajosa até um custo anual de R\$44,00/há, na região da Fronteira Oeste; R\$50,00/há, na região da Campanha; e de até R\$55,00/há, nas demais regiões orizícolas do Estado.

### **Número ótimo de tratores para uma área de lavoura**

O número ótimo de tratores para dada área de lavoura é determinado pela expressão número 8, acima. O custo fixo do conjunto de tratores (CFCTr), representado pela depreciação e juros do capital, é igual a R\$9780,00. A expectativa da receita líquida  $E(RL)$  é igual a R\$310,00, conforme visto acima.

Com base nesses valores e no de  $b$ , constante nas funções apresentadas no anexo 3, estabelecem-se as relações entre  $NCTr$  e  $ADA$ . Os resultados dessas estimativas são mostrados na tabela 2. Observa-se que o número ótimo de con-

juntos depende da área da lavoura( ADA). Assim, por exemplo, para o Litoral Norte e em relação ao solo drenado, o número ótimo de tratores é de, aproximadamente, 11 conjuntos para cada 1000 hectares.

Tabela 2 - Funções que relacionam o número economicamente ótimo de conjuntos de tratores com a área de arroz para as diferentes regiões de produção e em relação ao solo drenado e não-drenado

Região de Produção	Solo drenado	Solo não drenado
Litoral Norte	NCTr=0,0113*ADA	NCTr=0,0137*ADA
Litoral Sul	NCTr=0,0108*ADA	NCTr=0,0133*ADA
Depressão Central	NCTr=0,0116*ADA	NCTr=0,0137*ADA
Campanha	NCTr=0,0105*ADA	NCTr=0,0123*ADA
Fronteira Oeste	NCTr=0,0102*ADA	NCTr=0,0128*ADA

Fonte: Dados da pesquisa.

Neste enfoque é possível observar, também, qual a área média ótima por conjunto de tratores, a qual é igual a ADA dividida por NCTr, ou seja, o inverso do coeficiente de cada função apresentada na tabela acima. Por exemplo, para o solo drenado do litoral norte, a área média ótima por conjunto de tratores é de 88 hectares. Para esse mesmo tipo de solo, a área média ótima por conjunto de tratores varia, para as regiões orizícolas, de 86 a 98 hectares. Em relação ao solo não-drenado, a amplitude dessa variação é de 73 a 81 hectares. Observando-se esses resultados, pode-se notar que a área média ótima por conjunto é maior para solos drenados do que para os não drenados. Novamente, fica evidente que a drenagem tem importância no dimensionamento ótimo tanto no enfoque para determinação do número de tratores quanto para o do tamanho da lavoura.

Para determinar a vantagem econômica da drenagem, agora tendo o número de tratores como variável de decisão, deve-se novamente comparar o lucro esperado em solo drenado com a do solo não drenado. Essa comparação é expressa pelo cotejamento das equações de lucro esperado abaixo.

$$E(L_{cd}) = a_{cd} - b_{cd} * ADA / NCTr_{cd} * ADA * E(RL) - ADA * (PAR + CAD) - NCTr_{cd} * CFCTr - OCF \tag{12}$$

$$E(L_{sd}) = (a_{sd} - b_{sd} * ADA / NCTr_{sd}) * ADA * E(RL) - ADA * PAR - NCTr_{sd} * CFCTr - OCF \tag{13}$$

A drenagem é economicamente vantajosa se  $E(L_{cd}) - E(L_{sd}) > 0$ , ou seja,

$$[(a_{cd} - b_{cd} * ADA / NCTr_{cd}) - (a_{sd} - b_{sd} * ADA / NCTr_{sd})] * E(RL) - (NCTr_{cd} / ADA - NCTr_{sd} / ADA) * CFCTr > CAD \quad (14)$$

As estimativas para a expressão do lado esquerdo da inequação acima resultam nos seguintes valores, para as cinco regiões de produção: R\$ 69,00, para o litoral norte; R\$ 60,00, para o litoral sul; R\$ 67,00, para a depressão central; R\$ 55,00, para a campanha; e R\$ 46,00, para a fronteira oeste. Portanto, se o custo anual da drenagem for menor que este valor, a drenagem é economicamente viável na respectiva região, quando a variável de decisão é o número de tratores e com base nos molçes em que foi realizado o experimento que originou os dados deste estudo.

## CONCLUSÕES

Este estudo apresenta dois tipos de abordagens de curto prazo que envolvem a relação ótima entre área de lavoura e número de tratores. Na primeira, considera-se que a propriedade rural possua um certo conjunto de tratores e que o objetivo seja dimensionar a área de lavoura ótima em face a essa restrição. Na segunda, considera-se o tamanho da lavoura da propriedade rural já definido, buscando-se, então, otimizar o número de tratores para sua exploração.

Em ambos os enfoques, leva-se em consideração o potencial de trabalho das máquinas em razão da distribuição da precipitação pluviométrica.

As conclusões da análise permitem inferir que, para solos drenados, não importa qual seja a variável de decisão, pois os resultados são praticamente iguais. A dimensão ótima da lavoura estimada para as regiões como um todo, quando a variável de decisão é o número de tratores, é de 92 hectares por conjunto. Em contrapartida, quando a variável de decisão era a área da lavoura, o tamanho ótimo estimado foi de 90 hectares.

No entanto, quando o solo é não-drenado, em todas as cinco regiões a dimensão de lavoura por conjunto de tratores, economicamente ótima, é maior no enfoque do ajustamento do número de tratores a determinada área, em comparação com a adequação da área ao estoque de máquinas. No primeiro caso a média regional é de 76 hectares por conjunto de tratores e, no segundo caso, ela é 67 hectares. Essa diferença observada entre os dois enfoques ocorre porque, no primeiro caso, o custo das máquinas influi na decisão e maior área por trator reduz o

seu custo por hectare, enquanto no segundo enfoque o custo da máquina não é elemento de decisão, importando apenas o custo da terra. Portanto, a primeira solução é terra extensiva, enquanto a segunda é máquina extensiva.

Tendo por base o conjunto de tratores especificado, estima-se que, para o solo drenado, as relações ótimas variam de 1,9 CV a 2,4 CV por hectare, dependendo da região, quando a área é a variável de decisão. Quando a variável de decisão é o número de tratores, essa potência ótima por hectare varia de 1,9 CV a 2,2 CV, entre as regiões.

Em relação ao solo não-drenado, as amplitudes de variação da potência ótima, entre as regiões, são de 2,5 CV a 3,2 CV e 2,4 CV a 2,6 CV por hectare, para área e número de tratores como variável de decisão, respectivamente.

Dessa forma, pode-se constatar que o solo drenado exige menor investimento em tratores por unidade de área. O investimento que venha a ser realizado na drenagem do solo substitui parte do investimento em máquinas. Neste estudo, observa-se que a drenagem com canos de plástico afastados 30 m reduz a necessidade de investimento em tratores, como média regional, em 16%. Isto significa que a necessidade média regional, de potência de trator por hectare, é reduzida de 2,5 para 2,1 CV, com a drenagem, quando a variável de decisão é o número de conjuntos de tratores para dada área de lavoura.

O valor máximo do custo anual da drenagem que ainda viabilizaria economicamente a sua implantação é maior quando a variável de decisão é o número de tratores, com a área fixa, do que quando a variável é a área da lavoura. Dentro das características consideradas no experimento que originou os dados deste estudo, este valor do custo da drenagem pode, no primeiro caso, chegar a R\$ 69,00 por hectare, na região do litoral norte. Nas demais regiões ele é menor.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao professor Flávio A. Cauduro, do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (UFRGS), por tornar disponíveis os dados de um experimento conduzido por este Instituto. Agradecem, igualmente, ao dr. Solismar Brechter, diretor do 8º Distrito de Meteorologia do Ministério da Agricultura, pelo fornecimento dos dados de precipitações pluviométricas. Os autores são gratos, também, a um revisor anônimo desta Revista, por suas importantes sugestões.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MATTUELLA, J. L. e STULP, V. J. *Relatório Convênio IRGA/UFRGS*. 1994.
- RUCATTI, E. G. e KAYSER, V. H. *Custo de Produção da Lavoura de Arroz Irrigado do Rio Grande do Sul*. In: Lavoura Arrozreira Vol. 49 Nº 425 IRGA Porto Alegre Fev. 1996
- GABETTO, R. N. *Determinação de Critérios de Drenagem em Planossolo Vacacaí em Combinação com a Possibilidade de Trânsito de Máquinas Agrícolas*. Dissertação de mestrado apresentada no Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Orientada por Flávio A. Cauduro e Lawson F. de S. Beltrame. IPH/UFRGS-1983.

## ANEXOS

## Anexo 1

Tabela 1 - Hectares potenciais para um conjunto de dois tratores ( um grande e um médio ), em área não drenada, nas regiões de produção de arroz do Rio Grande do Sul, de 1971 a 1995

. Regiões de Produção

ANO	Litoral Norte	Litoral Sul	Depressão Central	Campanha	Fronteira Oeste
1995	76,81	86,19	90,80	78,41	116,81
1994	46,19	64,60	63,01	75,40	78,41
1993	89,20	80,00	70,80	84,60	100,00
1992	72,21	72,21	52,21	55,40	89,20
1991	73,81	69,20	105,80	84,60	sem dados
1990	60,00	66,19	53,81	81,42	sem dados
1989	69,20	70,80	60,00	90,80	83,01
1988	44,60	78,41	69,20	95,40	sem dados
1987	47,61	76,81	61,59	61,59	sem dados
1986	53,81	44,60	63,01	43,01	sem dados
1985	78,41	61,59	60,00	73,81	sem dados
1984	73,81	70,80	72,21	76,81	sem dados
1983	41,59	84,60	72,21	89,20	115,40
1982	38,41	47,61	40,00	50,80	75,40
1981	75,40	84,42	72,21	90,80	107,61
1980	60,00	93,81	56,81	90,80	87,61
1979	67,61	76,81	47,61	70,80	50,80
1978	52,21	58,41	73,81	67,61	69,20
1977	61,59	sem dados	60,00	75,40	83,01

1976	67,61	sem dados	84,60	110,80	78,41
1975	44,60	sem dados	60,00	55,40	73,81
1974	84,60	sem dados	95,40	8,41	96,81
1973	84,60	sem dados	75,40	103,01	80,00
1972	46,19	55,40	38,41	55,40	70,80
1971	75,40	92,21	80,00	83,01	92,21

Fonte: Estimativas dos autores com base em dados de precipitações pluviométricas do 8º Distrito de Meteorologia e de um experimento de campo realizado pelo IPH da UFRGS.

## Anexo 2

Tabela 2 - Hectares potenciais para um conjunto de dois tratores ( um grande e um médio ), em área drenada, nas regiões de produção de arroz do Rio Grande do Sul, de 1971 a 1995

### Regiões de Produção

ANO	Litoral Norte	Litoral Sul	Depressão Central	Campanha	Fronteira Oeste
1974	84,60	sem dados	95,40	8,41	96,81
1973	84,60	sem dados	75,40	103,01	80,00
1995	103,01	121,42	118,41	112,21	146,02
1994	92,21	106,19	95,40	107,61	118,41
1993	118,41	116,81	103,01	115,40	127,61
1992	113,81	118,41	100,00	101,42	135,40
1991	103,01	100,00	144,60	123,01	sem dados
1990	95,40	106,19	86,19	118,41	sem dados
1989	106,19	110,80	101,42	124,60	127,61
1988	96,81	115,40	104,60	121,42	sem dados
1987	83,01	115,40	90,80	95,40	sem dados
1986	86,19	69,20	92,21	78,41	sem dados
1985	112,21	101,42	96,81	113,81	sem dados
1984	106,19	109,20	104,60	113,81	sem dados
1983	83,01	118,41	103,01	124,60	143,01
1982	81,42	83,01	78,41	95,40	110,80
1981	107,61	109,20	106,19	118,41	135,40
1980	100,00	127,61	98,41	121,42	123,01
1979	106,19	112,21	87,61	104,60	93,81
1978	89,20	109,20	112,21	113,81	110,80
1977	101,42	sem dados	93,81	118,41	118,41
1976	106,19	sem dados	107,61	129,20	115,40
1975	78,41	sem dados	90,80	95,40	104,60
1974	121,42	sem dados	126,02	103,01	126,02
1973	112,21	sem dados	112,21	133,81	121,42
1972	80,00	100,00	75,40	92,21	100,00
1971	113,81	129,20	118,41	126,02	133,81

Fonte: Estimativas dos autores com base em dados de precipitações pluviométricas do 8º Distrito de Meteorologia e de um experimento de campo realizado pelo IPH da UFRGS

### Anexo 3

As tabelas dos dois anexos anteriores apresentam o número de hectares potenciais, a serem trabalhados por um conjunto de dois tratores, dadas as condições climáticas de cada ano. Estes hectares potenciais são representados por HA / CTr. A distribuição dos hectares potenciais por conjunto de tratores apresenta, ao longo dos anos, uma média anual ou expectância,  $E(\text{HA}/\text{CTr})$ . Essa expectância é função da área destinada ou disponível para o conjunto de tratores, aqui designada por AD, dada a distribuição dos hectares potenciais. Assim,  $E(\text{HA}/\text{CTr}) = f(\text{AD})$ .

Assim, por exemplo, pelo anexo 1 acima, observa-se que a distribuição dos hectares potenciais, em relação ao litoral norte e para área não-drenada, apresenta um valor mínimo de 38,41 ha; sendo o valor seguinte de 41,59 ha e o valor máximo de 89,20 ha. A média dessa distribuição é 63,42 ha. Contudo, se a área disponível para o conjunto de tratores tivesse sido de 38,41 ha, seria este o máximo que o conjunto teria trabalhado todo o ano, de modo que a média anual seria este valor. Caso a área disponível para o conjunto tivesse sido de 41,59 ha, nos 25 anos, ele teria trabalhado 38,41 ha em uma única vez, e vinte e quatro vezes os 41,59 ha, de modo que a média anual seria 41,46 ha. Para qualquer valor de área disponível de 89,20 ha ou mais, a média anual de hectares trabalhados teria sido sempre a mesma, ou seja, 63,42 ha, porque as condições climáticas nunca teriam permitido que o conjunto trabalhasse mais do que 89,20 ha.

Portanto, a média anual da área trabalhada é uma função crescente do número de hectares que estão disponíveis para o conjunto de tratores, até o máximo que as condições climáticas possibilitam ao longo dos anos.

Para cada uma das cinco regiões de produção de arroz e em relação à área drenada e à não-drenada, consideraram-se áreas disponíveis (AD) para o conjunto de tratores, variando desde o valor mínimo até o máximo da distribuição das áreas potenciais. Para cada valor de AD, determinou-se qual teria sido a média anual da área trabalhada pelo conjunto de tratores  $E(\text{HA}/\text{CTr})$ . Após, via regressão, estimaram-se as relações entre estas variáveis, obtendo-se as funções:  $E(\text{HA}/\text{CTr}) = f(\text{AD})$ , apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 3 - Funções que relacionam a expectativa de área trabalhada com um conjunto de tratores,  $E(HA / CTr)$ , com a área disponível (AD), para as cinco regiões de produção de arroz no RS e em relação à área drenada e à não-drenada

<b>Região</b>	<b>Área drenada</b>	<b>Área não drenada</b>
Litoral Norte	$E(HA/CTr)=1,3402AD-0,0041AD^2$	$E(HA/CTr)=1,2687AD-0,0060AD^2$
Litoral Sul	$E(HA/CTr)=1,3456AD-0,0037AD^2$	$E(HA/CTr)=1,3092AD-0,0056AD^2$
Depressão Central	$E(HA/CTr)=1,3625AD-0,0043AD^2$	$E(HA/CTr)=1,2825AD-0,0060AD^2$
Campanha	$E(HA/CTr)=1,3333AD-0,0035AD^2$	$E(HA/CTr)=1,2705AD-0,0048AD^2$
Fronteira Oeste	$E(HA/CTr)=1,3358AD-0,0033AD^2$	$E(HA/CTr)=1,3533AD-0,0052AD^2$

Fonte: Anexos 1 e 2.