

## Dimensionamento de sistemas de irrigação para pastagens em propriedades de agricultura familiar



ISSN 1981-2078

Dezembro, 2007

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Pecuária Sudeste  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 10***

## **Dimensionamento de sistemas de irrigação para pastagens em propriedades de agricultura familiar**

Fernando Campos Mendonça  
Artur Chinelato de Camargo  
Adalberto Stivari  
Cláudio Reis Costa Lima  
Fernando Calil Ferreira  
Lena Akinaga  
Letícia Barbour Coti  
Letícia Rodrigues Gonçalves  
Primo Quinaglia Neto

São Carlos, SP  
2007

## **Embrapa Pecuária Sudeste**

Rod. Washington Luiz, km 234

Caixa Postal 339 - 13560-970 - São Carlos, SP

Fone: (16) 3361-5611

Fax: (16) 3361-5754

Home page: [www.cppse.embrapa.br](http://www.cppse.embrapa.br)

E-mail: [sac@cppse.embrapa.br](mailto:sac@cppse.embrapa.br)

## **Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Alberto C. de Campos Bernardi

Secretário-Executivo: Edison Beno Pott

Membros: Carlos Eduardo da Silva Santos, Maria Cristina C. Brito,

Odo Primavesi, Sônia Borges de Alencar

Revisor de texto: Edison Beno Pott

Normalização bibliográfica: Sônia Borges de Alencar

Figura da capa: Fernando Campos Mendonça

Editoração eletrônica: Maria Cristina Campanelli Brito

## **1ª edição on-line (2007)**

### **Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP Embrapa Pecuária Sudeste**

---

Fernando de Campos Mendonça

Dimensionamento de sistemas de irrigação para pastagens em propriedades de agricultura familiar [Recurso eletrônico] / Fernando Campos Mendonça [et al.] — Dados eletrônicos — São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007.

Modo de acesso: <http://www.cppse.embrapa.br/servicos/publicacaogratis/boletim-de-pesquisa-desenvolvimento/boletimp-d-10.pdf/view>

Título da página na Web (acesso em 21 de dezembro de 2007).

56 p. — (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Pecuária Sudeste, 10).

ISSN: 1981-2078

1. Dimensionamento - Sistema de irrigação - pastagem - Agricultura familiar I. Mendonça, F.C. II. Camargo, A.C. de. III. Stivari, A. IV. Lima, C.R. C. V. Ferreira, F.C. VI. Akinaga, L. VII. Coti, L.B. VIII. Gonçalves, L.R. IX. Neto, P.Q. X. Título. XII. Série.

---

CDD 631.7

© Embrapa 2007

# Sumário

<b>Resumo</b> .....	5
<b>Abstract</b> .....	7
<b>Introdução</b> .....	9
<b>Material e Métodos</b> .....	30
<b>Resultados e Discussão</b> .....	35
<b>Conclusões</b> .....	53
<b>Agradecimentos</b> .....	54
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	54

# Dimensionamento de sistemas de irrigação para pastagens em propriedades de agricultura familiar

---

*Fernando Campos Mendonça<sup>1</sup>*

*Artur Chinelato de Camargo<sup>1</sup>*

*Adalberto Stivar<sup>2</sup>*

*Cláudio Reis Costa Lima<sup>3</sup>*

*Fernando Calil Ferreira<sup>4</sup>*

*Lena Akinaga<sup>5</sup>*

*Letícia Barbour Coti<sup>6</sup>*

*Letícia Rodrigues Gonçalves<sup>7</sup>*

*Primo Quinaglia Neto<sup>8</sup>*

## Resumo

Este trabalho teve por objetivo apresentar um panorama atual e o potencial de redução dos custos de irrigação de pastagens em propriedades de agricultura familiar nos Estados do Paraná e de São Paulo. O trabalho foi feito em conjunto, pela Embrapa Pecuária Sudeste, pela Cooperativa Central Agroindustrial Ltda. (Confepar), no Estado do Paraná, e pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), no Estado de São Paulo. Os dados utilizados foram coletados em propriedades agrícolas familiares produtoras de leite, que participam do “Projeto Balde Cheio” em diversas regiões dos Estados de São Paulo e do Paraná. Foram coletados os seguintes dados: área

---

<sup>1</sup> Pesquisadores, Drs., Embrapa Pecuária Sudeste, Rod. Washington Luiz, km 234, 13560-970, São Carlos, SP. Endereço eletrônico: <fernando@cnpse.embrapa.br>, <artur@cnpse.embrapa.br>.

<sup>2</sup> Eng. Agr., Coordenadoria de Assistência Técnica Integral CATI, Escritório de Desenvolvimento Regional de Dracena. Endereço eletrônico: <ute.dracena@cati.sp.gov.br>

<sup>3</sup> Eng. Agr., Escola Superior de Agricultura de Lavras-MG. Endereço eletrônico: <rcostalima@ig.com.br>

<sup>4</sup> Méd. Vet., Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Casa da Agricultura de Magda, SP. Endereço eletrônico: <cademagda@ig.com.br>

<sup>5</sup> Zootecnista da Ruralcon Assessoria Agropecuária Ltda. Endereço eletrônico: <lakinaga@yahoo.com.br>

<sup>6</sup> Méd. Vet., CATI - Casa da Agricultura de Iacanga - EDR Bauru/SP. Endereço eletrônico: <ca.iacanga@cati.sp.gov.br>

<sup>7</sup> Méd. Vet., Prefeitura Municipal de Birigui, São Paulo, SP. Endereço eletrônico: <lettyvet@ig.com.br>

<sup>8</sup> Eng. Agr., CONFEPAR Agro-Industrial Cooperativa Central. Endereço eletrônico: <piponeto@ig.com.br>

da propriedade, área irrigada, culturas forrageiras irrigadas e características dos sistemas de irrigação. O levantamento inicial direcionou o treinamento de extensionistas da Confepar e da CATI, para dimensionamento de novos sistemas de irrigação e, se necessário, redimensionamento de sistemas preexistentes. Para ilustrar os resultados com o redimensionamento, foram escolhidos três casos dentre os sistemas modificados pelos extensionistas das instituições participantes, avaliando-se os seguintes parâmetros: custo de aquisição e de implantação de equipamentos, custo de manutenção e custo operacional (energia e mão-de-obra). Os resultados obtidos mostram grande potencial de redução de custos de irrigação, devido à inadequação de muitos dos sistemas de irrigação às necessidades dos produtores rurais.

# Design of irrigation systems for pastures in small farms

---

## Abstract

This work aimed to show a present overview and the potential for cost reduction on pasture irrigation on small dairy farms in the States of Parana and Sao Paulo. It was carried out by staff of three institutions: Embrapa Southeast Cattle Research Center, Central Agriculture-Industrial Cooperative Ltd. (Confepar, State of Parana), and Coordination for Integral Technical Assistance (CATI, State of Sao Paulo). The data used in the work were collected on family-owned dairy farms that participate in the "Full Bucket Project", in various regions of the Parana and Sao Paulo States. The following data were collected: farm area, irrigated area, forage crops irrigated, and irrigation system characteristics. Together with the initial survey, a training program for the staff of Confepar and CATI was performed, in order to qualify extensionists for designing and redesigning irrigation systems, when necessary. Three case studies were chosen, among the systems modified by staff of the participating institutions, in order to illustrate the results obtained, starting from the modifications proposed and done, evaluating the following parameters: costs of equipment acquisition and installation, maintenance costs, and operational costs (energy and labor). The results obtained indicate a great potential for reducing irrigation costs, due to inadequate state from many of the systems, in relation to the farmer's needs.

**Key words:** small holders farming, pasture irrigation, irrigation systems, redesign.





## Introdução

A intensificação da produção animal tem sido um bom caminho para o incremento da renda de propriedades rurais. Em consequência do bom momento por que passam alguns produtos agrícolas, tais como o açúcar, o álcool, o suco de laranja e o café, houve aumento do custo de oportunidade (renda que se pode obter com alternativas de uso da terra) da produção animal. As perspectivas mostram que, num horizonte de 20 a 30 anos, não haverá espaço para a produção animal extensiva e com baixo uso de tecnologia no Brasil, pois existem alternativas de uso da terra mais interessantes.

Os pecuaristas que se prepararem terão maior chance de sucesso em sua atividade. Muitos vêm utilizando diversas técnicas de intensificação, tais como moderna administração rural, melhorias na genética e na sanidade do rebanho, correção da fertilidade do solo e adubação e irrigação de pastagens.

Na maior parte do País, a distribuição anual de chuvas é irregular, com uma época úmida de cerca de seis meses e uma época seca de igual duração. Mesmo nas regiões com melhor distribuição de chuvas, há ocorrência de períodos de estiagem, denominados veranicos, que podem reduzir significativamente a produção vegetal numa época em que a falta de água reduz a capacidade das plantas forrageiras para aproveitar a grande disponibilidade de luz e de temperatura adequada.

Camargo et al. (2006) observaram que uma das maiores reclamações do setor leiteiro provavelmente seja o fato de os produtores rurais não aplicarem as técnicas e os avanços estudados e alcançados nos institutos de ensino e de pesquisa, o que dificulta a evolução da atividade leiteira. Tal afirmativa se encaixa perfeitamente no que se refere à irrigação de pastagens, que deve ser aplicada em áreas onde já se utilizam outros avanços tecnológicos (genética, sanidade animal, inseminação artificial, adubação, etc.), de modo a superar a limitação de disponibilidade de água e aumentar a capacidade de produção de forragem e a taxa de lotação animal.

Há diversos tipos de equipamentos de irrigação que podem ser utilizados em pastagens. Como muitos extensionistas e proprietários rurais envolvidos na produção animal possuem baixo grau de conhecimento sobre irrigação, podem confundir-se e ter grande dificuldade para escolher o sistema mais adequado a utilizar.

Muitos produtores têm baseado a escolha do sistema de irrigação apenas no preço do equipamento, o que pode ser um erro e trazer sérios prejuízos ao invés de melhorar o sistema de produção. Em relação a essas ocorrências, observa-se que alguns fatores pouco divulgados podem ser fundamentais na decisão, tais como o custo de operação (mão-de-obra e energia) dos sistemas de irrigação e o tipo de manejo de água.

Portanto, é necessário aprofundar o conhecimento sobre a irrigação de pastagens, para obter melhores resultados com custos aceitáveis, de modo a aumentar a rentabilidade das atividades de produção animal.

## **Estacionalidade de produção de forragem**

Os fatores mais influentes e mais limitantes ao desenvolvimento das forrageiras referem-se ao solo e ao clima. Ao contrário dos fatores do solo, não se pode modificar a maioria dos fatores climáticos e os sistemas de produção devem ser adaptados a eles (Barioni et al., 2003).

A variação sazonal do crescimento das plantas forrageiras é uma característica quase universal. Poucos são os lugares do mundo onde as condições climáticas permitem elevado crescimento das plantas durante todo o ano (Andrade, 2000).

Os principais fatores envolvidos na variação da produtividade das forrageiras tropicais são as características fisiológicas da planta e os fatores climáticos, tais como a umidade relativa do ar, a temperatura, a radiação solar, o fotoperíodo, o vento, a nebulosidade, a temperatura do ar, a precipitação e a disponibilidade hídrica (Andrade, 2000; Medeiros et al., 2002). Dentre esses fatores, os de maior relevância são a precipitação, a temperatura e a radiação solar; a ordem de importância desses fatores varia de um local para outro e entre as estações do ano.

Se a planta forrageira não se desenvolve devido a limitações de temperatura ou de fotoperíodo, a irrigação não surtirá efeito. Todavia, se a limitação é a disponibilidade de água, a irrigação aumentará substancialmente a produtividade.

A maioria das pastagens brasileiras está implantada em regiões cujos fatores climáticos causam estacionalidade de produção nas forrageiras, o que tem sido apontado como um dos principais elementos responsáveis pelos baixos índices de produtividade da pecuária nacional (Rolim, 1994).

Diversos trabalhos de pesquisa mostraram que a estacionalidade de produção é provocada por sinergia entre três fatores principais: temperatura, luminosidade e disponibilidade hídrica. A disponibilidade hídrica é importante, porém não é o principal fator limitante da produção de forragem durante o período de inverno na região Centro-Sul do Brasil, e sim os outros dois fatores.

MacDowell (1972) citado por Rolim (1994) observou que a temperatura e a deficiência hídrica são os principais fatores limitantes da produção de forragens nos trópicos e nos subtropicais (latitudes entre 30°S e 30°N). O autor estimou as percentagens de áreas afetadas individualmente por esses fatores, ou pela associação de ambos, em relação à área total das regiões tropicais e das subtropicais (Tabela 1).

**Tabela 1** – Influência dos principais fatores de limitação do crescimento de plantas (temperatura do ar e deficiência hídrica) em regiões tropicais e subtropicais (30° N a 30°S).

Fator limitante x Área afetada (%)			
Temperatura	Deficiência hídrica	Ambos	Sem influência
36	31	24	9

Fonte: MacDowell (1972) citado por Rolim (1994).

Observa-se que a deficiência hídrica tem efeito limitante sobre 55% da área, o que mostra o grande potencial que a suplementação hídrica pode ter sobre a produção vegetal.

Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, os sistemas de produção de leite baseados em pastagens tropicais e subtropicais sofrem restrição de oferta de forragem na época seca do ano, mesmo quando os pastos são irrigados. Os pastos produzem menos devido às temperaturas mais baixas e à menor luminosidade (Oliveira et al., 2005). Portanto, a irrigação não resolve todo o problema da estacionalidade. Porém, a irrigação colabora para encurtar o período de estacionalidade. Rassini (2004) realizou um estudo sobre a produção das seis espécies forrageiras mais utilizadas em pastagens no Brasil e concluiu que o uso de irrigação reduziu o período de estacionalidade de 150 dias para 65 a 70 dias, dependendo da espécie considerada.

### **Produção de forragem em pastejo rotacionado sob irrigação**

A irrigação de pastagens é utilizada há muito tempo em outros países, tais como Austrália, Nova Zelândia, Estados Unidos, África do Sul, Cuba, Colômbia, Venezuela e Argentina. Produtores australianos já utilizavam a irrigação de pastagens desde 1900. Em todos esses países, o uso da irrigação teve o objetivo primário de solucionar o problema de estacionalidade de produção das pastagens, provocado pelo déficit hídrico associado a outros fatores climáticos, tais como a temperatura e a luminosidade (Drumond & Aguiar, 2005).

Os primeiros dados sobre a irrigação de pastagens no Brasil foram produzidos na década de 1960 e foram desanimadores com relação ao objetivo de eliminação da estacionalidade de produção. Rolim (1994) apresentou um trabalho de revisão sobre a estacionalidade de produção de forrageiras e afirmou que o resultado obtido em pesquisas feitas entre 1966 e 1978 mostrou aumentos de produção entre 20% e 70% nas áreas irrigadas e durante a estação seca (outono–inverno) na região do Brasil Central. Esse autor afirmou que os pesquisadores concluíram que esses aumentos não foram suficientes para eliminar o problema da estacionalidade de produção.

Ghelfi Filho (1972) realizou experimento com *Pennisetum purpureum* (Schum), em Piracicaba, SP, em que comparou a produção de matéria seca (MS) em parcelas irrigadas e de sequeiro. O autor obteve resultados de 19 t.ha<sup>-1</sup> de MS na primavera–verão e de 6 t.ha<sup>-1</sup> no outono–inverno.

Andrade et al. (2005) realizaram dois experimentos com capim-napier (*Pennisetum purpureum* cv. Napier), com e sem irrigação, no inverno, em Viçosa, MG, para estudar a influência da irrigação, do intervalo de cortes e da adubação com N e K sobre o desenvolvimento da forrageira. A forrageira foi submetida a quatro tratamentos de adubação de N + K (100 + 80 kg.ha<sup>-1</sup> de N + K<sub>2</sub>O; 200 + 160 kg.ha<sup>-1</sup> de N + K<sub>2</sub>O; 300 + 240 kg.ha<sup>-1</sup> de N + K<sub>2</sub>O; e 400 + 320 kg.ha<sup>-1</sup> de N + K<sub>2</sub>O, respectivamente) e a cinco períodos de rebrota (2, 8, 15, 45 e 123 dias). Os autores mediram a interceptação de luz, a taxa de

crescimento relativo, a taxa de assimilação líquida, o índice de área foliar e a razão de área foliar, e concluíram que a única variável que apresentou efeito significativo dos tratamentos foi o índice de área foliar. Na área irrigada, esse índice aumentou de 0,28 para 8,27 (média dos quatro tratamentos de adubação) do menor para o maior período de rebrota. Na área não irrigada também ocorreu aumento no índice de área foliar, embora de menor magnitude, passando de 0,16 para 7,76 do menor para o maior período de rebrota.

Lopes et al. (2003) avaliaram os efeitos da irrigação sobre a disponibilidade de matéria seca em pastagens de capim-napier, em experimento de dois anos de duração realizado em Viçosa, MG. A irrigação não causou diferença significativa na disponibilidade de matéria seca do capim nos dois períodos de seca (inverno) abrangidos pelo experimento, mas os resultados acumulados em cada ano agrícola (inverno + verão) mostraram que a disponibilidade de forragem foi sempre maior nos tratamentos irrigados. Quando as temperaturas baixas não limitaram o crescimento, a irrigação manteve a umidade do solo em níveis adequados, eliminando o efeito dos veranicos. Os autores concluíram que a irrigação feita de forma eficiente e criteriosa possibilita aumentar a produção animal no pasto, principalmente no verão.

Rassini (2004) realizou estudo de dois anos na Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos, SP, no qual verificou que a produção de seis espécies forrageiras aumentou com o uso de irrigação (Tabela 2). Apesar de ainda haver estacionalidade de

produção, nota-se que a relação entre a produção de entressafra (outono–inverno) e de safra (primavera–verão) aumentou em todas as forrageiras, no tratamento irrigado, mostrando o efeito positivo na disponibilidade de forragem no período mais crítico.

**Tabela 2** – Produção de matéria seca (MS, em t.ha<sup>-1</sup>) de seis espécies forrageiras, com e sem irrigação, no município de São Carlos, SP.

Forrageira	Irrigado	Não irrigado
<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Napier	46,1 <sup>a</sup>	28,2 <sup>b</sup>
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia	29,2 <sup>b</sup>	18,4 <sup>cd</sup>
<i>Paspalum atratum</i> cv. Pojuca	23,6 <sup>c</sup>	18,1 <sup>cd</sup>
<i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk	24,3 <sup>c</sup>	16,1 <sup>cde</sup>
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	23,6 <sup>c</sup>	15,4 <sup>cde</sup>
<i>Cynodon dactylon</i> cv. Coastcross	16,1 <sup>de</sup>	12,7 <sup>e</sup>
<b>Média</b>	<b>27,2<sup>A</sup></b>	<b>18,2<sup>B</sup></b>
<b>MS na entressafra / MS na safra</b>	<b>54,3%</b>	<b>30,7%</b>

Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou pela mesma letra maiúscula (nas linhas e na média geral, respectivamente) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Rassini (2004).

O uso de espécies forrageiras de inverno em sobressemeadura é uma alternativa para aumentar a oferta de forragem no período de estacionalidade das forrageiras tropicais. Oliveira et al. (2005) afirmaram que a redução da capacidade de suporte das pastagens durante o outono–inverno leva à necessidade de fornecer aos animais alimentos



volumosos conservados (silagem ou feno) ou cana-de-açúcar *in natura*, o que resulta em maior custo de produção (maquinaria, armazenamento e mão-de-obra). Entretanto, essa situação pode ser parcialmente revertida quando há possibilidade de irrigação, utilizando-se a sobressemeadura de aveia nas pastagens.

A sobressemeadura é o plantio de uma ou mais espécies forrageiras de inverno (aveia, azevém, etc.) em uma área de pastagem formada por uma espécie tropical. O plantio é feito no fim da estação chuvosa, geralmente entre abril e maio na regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil.

Rodrigues et al. (2006) realizaram um estudo com sobressemeadura de aveia em pastagem de capim-tanzânia, para substituição da silagem de milho na alimentação de vacas leiteiras de alta produção (38 – 39 L por vaca por dia), por um período de três meses (jul.–set./2006), em São Carlos, SP. Não houve alteração significativa na produção ou na qualidade do leite. A pastagem consorciada (capim-tanzânia e aveia) foi responsável por 19,4% do consumo diário de alimentos pelas vacas, a aveia foi responsável por 63,8% da produção de forragem e houve redução de 4,8% no custo de alimentação dos animais no período de estudo.

Oliveira et al. (2005) afirmaram que a necessidade de fornecimento de alimento concentrado aos animais é menor quando eles se alimentam da pastagem sobressemeada, em comparação com a pastagem tropical solteira, devido à melhor qualidade da pastagem em que foram sobressemeadas espécies forrageiras de inverno. Além disso, os autores observaram que

há aumento da lotação animal nessas pastagens. Um trabalho desenvolvido pela Embrapa Pecuária Sudeste em fazendas produtoras de leite de mais de 30 municípios dos Estados de São Paulo e de Minas Gerais mostrou que a lotação animal passou de 2,5 a 3,5 unidades animais por hectare ( $UA.ha^{-1}$ ), em pastagem solteira, para 4 a 6  $UA.ha^{-1}$  em pastagem onde houve a sobressemeadura (1 UA = 450 kg de peso vivo animal).

Para ser bem sucedida, a sobressemeadura de espécies forrageiras de inverno em pastagens de forrageiras tropicais deve ser conduzida com o uso de irrigação, pois há deficiência hídrica acentuada no período de inverno nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Oliveira et al. (2005) afirmaram que a aveia persiste nos pastos até outubro ou novembro, o que possibilita a realização de quatro a seis ciclos anuais de pastejo nas áreas onde essas espécies foram sobressemeadas. Após esse período, encerra-se o ciclo da aveia e o capim tropical volta a dominar a pastagem.

A principal vantagem dessa técnica é a redução de custos devida à menor necessidade de suplementação alimentar com concentrados, além da redução do uso de alimentos volumosos (silagem e cana). Por manter a pastagem irrigada durante todo o inverno, a sobressemeadura apresenta a vantagem adicional de possibilitar recuperação mais rápida da capacidade produtiva da forrageira tropical, após o período de estacionalidade provocado por temperaturas baixas.

## Sistemas de irrigação para pastagens

Não há método de irrigação melhor do que outro quanto à produção de determinada cultura, porém há métodos que se adaptam melhor às condições locais de solo, de topografia e de manejo da cultura a ser irrigada. O conhecimento das partes que constituem os sistemas de irrigação ajuda a desenvolver o senso crítico e auxilia extensionistas e produtores na decisão de aquisição quando há diversas alternativas de projeto (Drumond & Aguiar, 2005).

Um projeto de irrigação é feito em três etapas (Mendonça & Rassini, 2005):

- Levantamento de dados básicos: vazão disponível e fonte de água, velocidade de infiltração de água e armazenamento de água no solo e evapotranspiração máxima da(s) cultura(s) a ser(em) plantadas.
- Estimativa da demanda e da periodicidade de aplicação de água (lâmina d'água e turno de rega).
- Dimensionamento hidráulico para atender a demanda e a periodicidade estimadas na primeira etapa.

Esses autores resumiram os principais dados básicos para a elaboração de projetos de irrigação, que são listados a seguir:

- Vazão mínima disponível.
- Evapotranspiração de referência.
- Déficit hídrico (mensal, semanal, diário).
- Área máxima irrigável (dependente da vazão mínima).
- Área do projeto.
- Tipo de solo (textura e armazenamento de água).
- Cultura(s) a ser(em) irrigada(s).

A estimativa de demanda de água deve ser feita com o auxílio do balanço hídrico, no qual é calculado o déficit hídrico da região onde se pretende implantar o sistema de irrigação. O valor do déficit é a diferença entre a demanda e a disponibilidade atmosférica de água (evapotranspiração e chuva), em períodos regulares de tempo (dias, semanas ou meses). Para fins de irrigação, é aconselhável utilizar períodos semanais ou menores, devido à ocorrência de veranicos.

Sistemas de irrigação por aspersão utilizam emissores denominados aspersores, que distribuem a água às plantas. Os aspersores podem ter um ou mais bocais, os dispositivos por onde sai a água que é aplicada às plantas. A água sob pressão passa pelos bocais, é pulverizada e cai sob a forma de chuva artificial. A pressão necessária geralmente é obtida por meio de motobombas (elétricas ou movidas a óleo *diesel*), mas também pode ser proveniente da diferença de nível do terreno, se a fonte de água estiver em plano muito mais elevado do que a área a ser irrigada (Bernardo et al., 2006).

O surgimento dos primeiros aspersores rotativos aconteceu entre 1914 e 1922, nos Estados Unidos e na Europa. Houve grande desenvolvimento da irrigação por aspersão no início do século XX, com o avanço das indústrias de tubulações, que passaram a utilizar materiais plásticos, ferro e alumínio (Drumond & Aguiar, 2005).

Em áreas de pastagem, é necessário irrigar toda a área, uniformemente e com equipamento que não dificulte o manejo e o deslocamento dos animais. Portanto, os sistemas de irrigação por aspersão são os mais adequados a essa função.

Bernardo et al. (2006) relataram as seguintes vantagens da irrigação por aspersão:

- Dispensa a sistematização do terreno e reduz o custo de instalação e de operação em diferentes condições topográficas.
- Apresenta flexibilidade na taxa de aplicação de água e possui facilidade na adaptação à capacidade de infiltração de água do solo e à fase de desenvolvimento da cultura.
- Tem boa uniformidade de distribuição e alta eficiência de distribuição de água na área irrigada, se o sistema for bem dimensionado e bem manejado.
- Há menos perda de água (evaporação e infiltração), devido ao transporte de água em tubulações, em relação à irrigação por superfície (sulcos e inundação).
- Existe melhor aproveitamento do terreno, dispensando o uso de canais e de sulcos para condução de água.
- Favorece a economia de mão-de-obra para condução de água, principalmente em sistemas fixos e mecanizados.
- Possibilita a automação e a aplicação de produtos químicos por meio da água de irrigação (quimigação).

Bernardo et al. (2006) afirmaram que quanto mais grossa for a textura do solo tanto maior será a vantagem da irrigação por aspersão em relação à irrigação por superfície, pois solos arenosos e franco-arenosos possuem grande capacidade de infiltração e pequena capacidade de retenção de água. Isto faz com que nesses solos haja grande perda de água por percolação

(drenagem profunda) quando forem utilizados sistemas de irrigação por superfície. Por apresentarem baixa capacidade de retenção de água, esses solos requerem irrigação freqüente e pequena lâmina d'água.

Como não existem sistemas de irrigação perfeitos, a irrigação por aspersão também possui as seguintes limitações:

- Alto custo de investimento inicial (sistemas fixos) e operacional (sistemas portáteis).
- Grande influência de fatores climáticos (vento, umidade relativa, temperatura, etc.).
- Possibilidade de aparecimento de algumas doenças nas plantas, principalmente em áreas mal manejadas e com irrigação excessiva.
- Risco de erosão superficial em sistemas com aspersores cuja taxa de aplicação seja superior à capacidade de infiltração de água do solo.

O alto custo da energia tem reduzido a margem de lucro da agricultura quando são utilizados sistemas de irrigação por aspersão, notadamente os de alta pressão. Dessa forma, os sistemas de irrigação devem operar com alta eficiência de uso de energia e, conseqüentemente, com baixos níveis de desperdício. Os estudos da eficiência de irrigação por aspersão mostram que a desuniformidade de distribuição e as perdas de água reduzem a eficiência do sistema (Azevedo et al., 1999).

Os tipos de sistemas de irrigação por aspersão mais comuns em pastagens são:

- Pivô central (grandes áreas).
- Aspersão convencional (portátil, semiportátil e fixo).
- Aspersão em malha (sistema fixo, superficial ou enterrado).

As propriedades de agricultores familiares têm área pequena e por isso os sistemas de aspersão convencional são os mais utilizados nas pastagens dessas propriedades, principalmente os semiportáteis e os fixos. Entretanto, por sua praticidade e por seu menor custo, os sistemas de aspersão em malha vêm ganhando espaço nessas propriedades.

A maioria dos sistemas de irrigação de pastagens em propriedades familiares tem estações de bombeamento com apenas uma motobomba e a tubulação principal geralmente é enterrada. Nos sistemas semiportáteis, geralmente não há linhas de derivação e apenas a linha principal é enterrada. Nos sistemas fixos, as linhas de derivação e as linhas laterais podem ser superficiais ou enterradas.

O sistema convencional semiportátil é composto por uma linha principal e uma ou mais linhas laterais e por aspersores móveis (tubulação com os aspersores), que mudam de posição de acordo com a parte da área que se deseja irrigar.

Nos sistemas convencionais fixos, não há movimentação de tubulações, que podem ser enterradas ou não. Os aspersores podem ser fixos, com registros (válvulas) para permitir a

irrigação de partes da área em separado, ou móveis. No caso de aspersores móveis, pode-se utilizar engates rápidos ou tampões para fechar os tubos de subida, em que os aspersores são engatados.

Os sistemas de aspersão em malha têm tubulações fixas e aspersores móveis. As tubulações geralmente são enterradas, o que aumenta a vida útil de tubos e de conexões, porém há sistemas com tubulações superficiais.

Bernardo et al. (2006) classificaram os aspersores disponíveis no comércio, de acordo com a pressão de operação:

- Pressão muito baixa: 40 a 100 kPa (4 a 10 mca)<sup>1</sup>, com pequeno raio molhado.
- Pressão baixa: 100 a 200 kPa (10 a 20 mca), raio molhado de 6 a 12 m.
- Pressão média: 200 a 400 kPa (20 a 40 mca), raio molhado de 12 a 36 m.
- Pressão alta: 400 a 1000 kPa (40 a 100 mca), raio molhado de 30 a 80 m.

Na escolha do aspersor a ser utilizado, deve-se considerar os seguintes fatores: qualidade e quantidade de água disponível, cultura a ser irrigada, tipo de solo, manejo da irrigação, intensidade e direção do vento, características do aspersor (intensidade, eficiência e uniformidade de aplicação, vazão e pressão de serviço), espaçamento entre linhas laterais e aspersores (Drumond & Fernandes, 2001; Bernardo et al., 2006).

---

<sup>1</sup> Metros de coluna de água – unidade de medição de pressão. Ao nível do mar, a pressão atmosférica (1 atm) é de 101,9 kPa ou 10,33 mca. Em cálculos práticos, utiliza-se a atmosfera técnica: 1 atm = 100 kPa ou 10 mca.



Os fabricantes fornecem tabelas com características técnicas que são muito úteis na seleção dos aspersores. Essas tabelas fornecem informações sobre diâmetro dos bocais, pressão de serviço, alcance do jato d'água (raio ou diâmetro molhado), vazão, espaçamento recomendado e intensidade de aplicação (precipitação).

Os aspersores de pressão muito baixa não são utilizados na irrigação de pastagens, por serem muito pequenos e geralmente estacionários. Nessa categoria estão inclusos os microaspersores e os aspersores de jardim. Uma exceção é o grupo de aspersores do tipo *spray* utilizados em pivôs centrais, cuja pressão de operação varia de 70 a 140 kPa (7 a 14 mca). Os aspersores usados em áreas de pastagens pertencem às demais categorias citadas.

Aspersores de alta pressão e de grande porte não são adequados a áreas pequenas e médias, em razão do elevado consumo de energia necessário ao seu funcionamento. Podem ser interessantes em grandes áreas, em razão da redução da necessidade de tubulação e do menor uso de mão-de-obra para operação do sistema de irrigação.

## **O Projeto Balde Cheio e a irrigação de pastagens**

A Embrapa Pecuária Sudeste coordena o “Projeto Balde Cheio”, um projeto de transferência de tecnologia para produtores de leite que prioriza a produção de leite com base em pastagens, utilizando o mínimo possível de alimentos servidos no cocho, tais como cana-de-açúcar e concentrado.

O principal objetivo do Projeto Balde Cheio é resgatar a auto-estima do produtor por meio da viabilização técnico-econômica de sua atividade produtiva. Em um período de quatro anos, extensionistas e produtores são instruídos a lidar profissionalmente com a atividade leiteira para viabilizar o sustento do produtor. Propriedades rurais produtoras de leite são utilizadas como salas de aula para pecuaristas e extensionistas rurais. Nessas “salas de aula” se trabalham conceitos técnicos direcionados à administração da propriedade, ao levantamento de recursos financeiros, à necessidade de infra-estrutura, à sanidade animal, à fertilidade do solo, à adubação e à irrigação de pastagens.

Como seria de se esperar, nesse processo são detectados diversos tipos de problemas existentes na propriedade, que são classificados por ordem de importância, para priorizar a busca de soluções. Por exemplo, um produtor não deverá investir na compra de um sistema de irrigação antes de aprender o manejo correto da fertilidade do solo.

Camargo et al. (2006) mostraram uma visão mais abrangente do uso de irrigação e de adubação de pastagens, que envolve todo o sistema de produção de leite, inclusive o pastejo rotacionado, a adubação da pastagem e a irrigação. Os autores apresentaram um estudo de caso no qual houve aumento significativo dos índices zootécnicos de uma propriedade rural de 26 ha, situada no município de Elisiário, SP. Os resultados do trabalho podem ser vistos na Tabela 3.

A área utilizada para produção de leite diminuiu 14% e o produtor passou a cumprir a legislação ambiental, reflorestando a área de reserva permanente. Ao mesmo tempo, a produção total anual ( $L\cdot ano^{-1}$ ) e a produtividade anual ( $L\cdot ha^{-1}\cdot ano^{-1}$ ) aumentaram 152% e 194%, respectivamente. Segundo os autores, esses índices foram alcançados por meio da integração de uma série de técnicas, inclusive a irrigação de pastagens.

Nesse contexto, verificou-se que a irrigação de pastagens é importante para garantir a produção de alimento de baixo custo para os animais. Sempre que for possível produzir alimento que os próprios animais colham, esse alimento terá menor custo do que aquele colhido e servido por tratadores. A redução de custo se dá, principalmente, pela eliminação do uso de mão-de-obra e de máquinas para plantio, colheita, armazenamento e distribuição do alimento. A irrigação de pastagens, quando aplicada adequadamente, proporciona a obtenção de alimentos de menor custo.

Inicialmente, a irrigação de pastagens não era a maior prioridade do Projeto Balde Cheio, pois havia problemas mais urgentes, tais como a geração de recursos financeiros para investimento, a eliminação de problemas sanitários do rebanho e a correção da fertilidade do solo. Entretanto, após serem sanados esses problemas, notou-se que havia necessidade de melhorar os sistemas de irrigação utilizados pelos produtores acompanhados pelo projeto.

**Tabela 3 – Índices zootécnicos e características da produção de leite do Sítio São José, em Nhandeara, SP (proprietário: Ilson Sebastião Moura).**

Índices ou características	Período	
	1º.6.2002 a 31.5.2003	1º.9.2006 a 31.8.2007
Área total (ha)	7,0	19,0
Área utilizada para a produção de leite (ha)	7,0	6,0
Área irrigada (ha)	---	2,6
Área passível de ser arrendada	---	10,0
Área de proteção ambiental (ha)	---	4,0
Produção diária de leite (litros)	115	434
Leite produzido no ano (litros) *	41.975	158.206
Maior produção diária obtida (litros)	148	530
Vacas em lactação (n <sup>o</sup> )	7	24
Vacas no rebanho (n <sup>o</sup> )	8	31
Vacas em lactação por hectare (%)	86,7	77,0
Vacas em lactação por hectare (n <sup>o</sup> )	1,0	4,0
Vacas em lactação por ha na área irrigada (n <sup>o</sup> )	---	24
Produção por vaca do rebanho por dia (litros)	13,9	18,0
Produtividade anual (L.ha <sup>-1</sup> ) - Área total		
(sem equivalente-leite) **	5.996	26.368
(com equivalente-leite)	---	32.955
Ordenha	mecânica, duas vezes por dia	mecânica, duas vezes por dia
Refrigeração do leite da 2ª ordenha	tanque de expansão comunitário	tanque de expansão (emprestado)
Controle leiteiro	não fazia	mensalmente desde o início do projeto
Cobertura das vacas	inseminação artificial e monta natural, com touros HPB ***	inseminação artificial e monta natural, com touros HPB ***
Alimentação volumosa básica do rebanho	capim-braquiária, capim-mombaça e silagem de milho	capim-mombaça irrigado (2 ha), capim-tifton irrigado (0,6 ha), capim-mombaça de sequeiro (1,1 ha) e cana-de-açúcar (1,9 ha)

\* Leite produzido não significa que todo ele foi vendido, existindo o leite consumido pela família e o leite consumido pelos bezerras.

\*\* Equivalente-leite: valor auferido com a comercialização dos animais selecionados que, dividido pelo valor do litro de leite no mês em que ocorreu a venda, transforma-se em litros de leite.

\*\*\* HPB = Holandês Preto e Branco.

Fonte: Camargo et al. (2006).

Um dos grandes problemas enfrentados pelos extensionistas participantes do projeto foi a falta de conhecimento técnico sobre a irrigação. A maioria dos extensionistas e dos produtores não tinha conhecimento suficiente para fazer o manejo de água em sistemas irrigados, para dimensionar ou redimensionar sistemas de irrigação ou para calcular os custos envolvidos na irrigação de pastagens. Portanto, verificou-se a necessidade de treinamento de extensionistas para lidar com a irrigação de pastagens, de modo a reduzir desperdícios, aumentar a eficiência de uso dos recursos hídricos – irrigação e consumo de energia elétrica – e aumentar a lucratividade do produtor rural.

## **Objetivos**

O presente trabalho teve por objetivos:

- a) O levantamento da situação atual e dos principais problemas dos sistemas de irrigação utilizados em áreas de pastagens de pequenas propriedades leiteiras dos Estados do Paraná e de São Paulo.
- b) A avaliação do efeito do dimensionamento e do redimensionamento de sistemas de irrigação sobre os resultados obtidos nessas áreas de pastagens.

## Material e métodos

### Treinamento de extensionistas das instituições parceiras

A Embrapa Pecuária Sudeste organizou um treinamento de irrigação de pastagens, que foi ministrado a extensionistas da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) e da Cooperativa Central Agroindustrial Ltda. (Confepar), parceiras no Projeto Balde Cheio, para reciclar conhecimentos desses profissionais e habilitá-los a dimensionar e a redimensionar sistemas de irrigação para pastagens.

O treinamento foi feito em cursos, que envolveu conhecimentos sobre ciclo hidrológico da água em sistemas agrícolas, manejo de irrigação e aplicações práticas da Hidráulica na irrigação. Os tópicos abordados no curso foram:

- a) Relações água–solo–planta–atmosfera.
- b) Amostragem de solo para projetos de irrigação.
- c) Armazenamento e infiltração de água no solo.
- d) Água na planta: evapotranspiração.
- e) Balanço hídrico.
- f) Método EPS para manejo da irrigação em pastagens (Rassini, 2002).
- g) Princípios básicos de Hidráulica aplicada à irrigação.
- h) Hidrologia aplicada à irrigação.
- i) Hidrodinâmica aplicada à irrigação.
- j) Elaboração de projetos de irrigação por aspersão.
- k) Dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão convencional.
- l) Dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão em malha.

Durante o treinamento, os extensionistas das instituições parceiras foram instruídos sobre a forma de projetar e de redimensionar sistemas de irrigação, por meio de exemplos práticos calculados em sala de aula.

Após o curso, os profissionais foram estimulados a enviar ao menos um projeto de irrigação à Embrapa Pecuária Sudeste, para que o instrutor do curso pudesse avaliar os resultados do treinamento e auxiliar os participantes a melhorar o conhecimento sobre dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão.

### **Levantamento de dados da situação atual**

Os extensionistas das instituições parceiras coletaram os dados referentes aos sistemas de irrigação em propriedades de suas respectivas regiões de atuação, independentemente da participação dessas propriedades no Projeto Balde Cheio.

Os dados coletados foram:

- a) Identificação da propriedade (nome, município e proprietário).
- b) Área total e área irrigada (separada por planta forrageira).
- c) Tipo de sistema de irrigação.
- d) Fonte de energia e potência da(s) bomba(s) instalada(s).
- e) Presença ou ausência de medição separada do consumo de energia na irrigação (em sistemas elétricos).

- f) Tempo diário de irrigação.
- g) Número de dias de irrigação ao longo do ano.
- h) Grau de satisfação do proprietário com o sistema de irrigação.
- i) Modificações feitas no sistema de irrigação após a compra.
- j) Grau de satisfação do proprietário após a modificação (se houve).

### **Efeito do dimensionamento e do redimensionamento dos sistemas de irrigação**

Os conhecimentos aprendidos durante o curso de extensão possibilitaram aos profissionais dimensionar e redimensionar sistemas de irrigação para pastagens, nas propriedades participantes do Projeto Balde Cheio.

A aplicação prática desses conhecimentos foi medida por meio da comparação entre os padrões dos sistemas de irrigação preexistentes e dos sistemas dimensionados pelos extensionistas do referido Projeto.

As variáveis avaliadas foram:

- a) Fonte de energia e potência da bomba centrífuga.
- b) Consumo de energia na irrigação.
- c) Necessidade de mão-de-obra.
- d) Custo total de irrigação ( $CT_{irr}$ ), calculado com a

seguinte fórmula:

$$CT_{irr} = C_F + C_M + C_{MO} + C_E$$



em que

$C_F$  = custo fixo;

$C_M$  = custo de manutenção;

$C_{MO}$  = custo da mão-de-obra para irrigação;

$C_E$  = custo da energia utilizada na irrigação.

As fórmulas de cálculo dos componentes do custo total de irrigação são apresentadas a seguir:

d.1) Custo fixo (aquisição e implantação):

$$CF = P_{AI} \times FRC ,$$

em que

$CF$  = custo fixo (aquisição e implantação), em  $R\$.ha^{-1}.ano^{-1}$ ;

$P_{AI}$  = preço pago pela aquisição e implantação, em  $R\$.ha^{-1}$ ;

$FRC$  = fator de recuperação de capital, calculado por:

$$FRC = \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} ,$$

em que

$i$  = taxa anual de juros (decimal);

$n$  = número de anos.

d.2) Custo de manutenção (3% a 5% do preço de aquisição do sistema):

$$CM = p \times CF'$$

em que

$p$  = percentagem do preço de aquisição do sistema, em decimal.

d.3) Custo de mão-de-obra, calculado por meio da seguinte fórmula:

$$C_{MO} = \frac{N_{HTE}}{8} \times V_{DE} \times N_{DIA}$$

em que

$C_{MO}$  = custo da mão-de-obra, em R\$.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>;

$N_{HTE}$  = número de horas de trabalho efetivo em irrigação, em h.dia<sup>-1</sup>;

$V_{DE}$  = valor da diária (8h) mais encargos trabalhistas, em R\$.dia<sup>-1</sup>;

$N_{DIA}$  = número de dias de irrigação anual, em dias.ano<sup>-1</sup>.

d.4) Custo de energia (elétrica), calculado por meio da seguinte fórmula:

$$C_E = 0,736 \times P_{CMB} \times N_{DIA} \times P_{EkWh}$$

em que

$C_E$  = custo da energia elétrica, em R\$.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>;

$P_{CMB}$  = potência consumida pela motobomba, em cv;

$P_{EkWh}$  = preço da energia, em R\$.kWh<sup>-1</sup>.

Para demonstrar os resultados obtidos, foram utilizados três sistemas de irrigação dimensionados pelos participantes do trabalho, um de cada instituição participante (CATI, Confepar e Embrapa Pecuária Sudeste). Os dois primeiros casos foram escolhidos por representarem problemas típicos dos diversos locais onde foi feito o levantamento de informações sobre a irrigação de pastagens. Já o último caso apresenta aspectos inovadores na concepção de novos projetos de irrigação.

## Resultados e discussão

### Levantamento de dados da situação atual

Os resultados do levantamento de dados encontram-se na Tabela 4 e nas Figuras 1 a 3, que representam a situação nos Estados de São Paulo e do Paraná.

**Tabela 4** – Resumo de dados sobre irrigação de pastagens em propriedades rurais produtoras de leite dos Estados de São Paulo e do Paraná (média e desvio padrão).

Item	Resultados	
	São Paulo	Paraná
Área total da propriedade (ha)	23,00 ± 24,80	24,50 ± 13,60
Área irrigada (ha)	1,51 ± 1,49	3,10 ± 1,60
Potência da bomba centrífuga (cv)	5,30 ± 4,10	8,10 ± 4,30
Relação potência:área irrigada (cv.ha <sup>-1</sup> )	4,30 ± 2,90	2,80 ± 0,70
Vazão (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )	10,60 ± 4,50	18,20 ± 6,30
Tempo diário de irrigação (h.dia <sup>-1</sup> )	5,20 ± 2,60	9,80 ± 4,40
Período anual de irrigação (dias.ano <sup>-1</sup> )	117,80 ± 6,00	81,00 ± 2,20

Apesar de as médias de área total serem praticamente iguais nas propriedades amostradas em ambos os Estados, as propriedades do Paraná apresentaram menor desvio padrão, o que indica maior homogeneidade de área. A média de área irrigada por propriedade foi maior no Paraná. Com base nos dados obtidos nas propriedades rurais do Paraná, pode-se perceber vários fatores que levam a menor custo de irrigação nesse Estado, em relação a São Paulo:

- a) Menor período anual de irrigação, que indica menor necessidade de suplementação hídrica.
- b) Menor relação potência:área, que indica melhor uso da motobomba no sistema de irrigação.
- c) Maior área irrigada, que possibilita melhor divisão de alguns componentes do custo fixo de irrigação (serviços de alvenaria, instalações elétricas e escavação para enterrar a adutora do sistema).

Quase todas as propriedades amostradas utilizam energia elétrica na irrigação, o que mostra que a rede de energia encontra-se bem distribuída em ambos os Estados. Apenas duas propriedades do Estado de São Paulo utilizam motores movidos a óleo *diesel* e o proprietário de uma delas manifestou interesse imediato de aproveitar energia elétrica.

Em São Paulo, os sistemas de irrigação apresentam menores médias de tempo diário de irrigação, de vazão e de potência da bomba. A relação potência:área irrigada é maior em São Paulo do que no Paraná, o que indica uso mais eficiente de energia neste último Estado. Isto parece contraditório, pois as

propriedades rurais de São Paulo situam-se, predominantemente, em áreas planas, enquanto a maioria das propriedades amostradas no Paraná está em áreas de relevo acidentado. Geralmente, maiores desníveis entre fontes de água e áreas irrigadas aumentam a necessidade de potência da motobomba. Entretanto, essa situação pode ser explicada pelo restrito tempo diário de irrigação utilizado nas propriedades rurais paulistas. Na irrigação, há relação diretamente proporcional entre o tempo diário de irrigação e a redução da relação potência:área, e também do consumo de energia por área. Quanto menos tempo se leva para irrigar uma área, tanto maior é a necessidade de potência da motobomba.

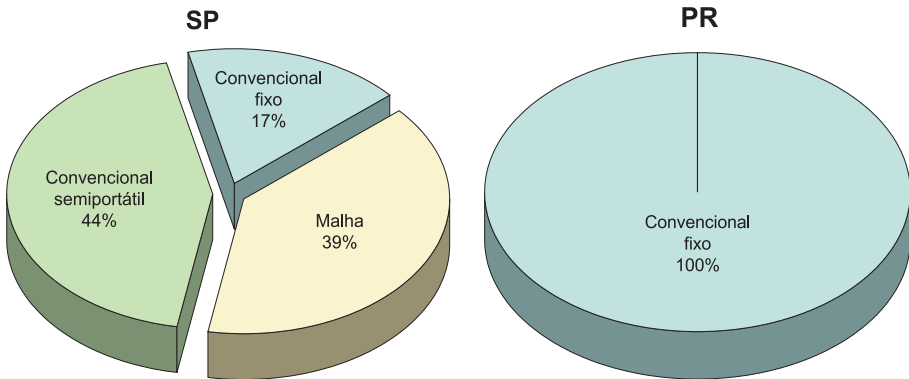
Embora o tempo diário de irrigação seja maior no Paraná, os valores obtidos ainda são baixos (menos de 12 h.dia<sup>-1</sup>) e em nenhuma propriedade amostrada há irrigação noturna. Isto indica que existem boas possibilidades de redução do custo de energia, ou pela aquisição de motobombas menores, com menor consumo de energia por área, ou pelo uso de irrigação noturna, com tarifa reduzida de energia. Nas propriedades rurais de São Paulo há maior possibilidade de redução desses custos, em razão do menor tempo de irrigação e da maior relação potência:área irrigada.

Diversos produtores com projetos novos em São Paulo têm optado pela irrigação noturna, que reduz o custo de energia elétrica (tarifa reduzida) e da mão-de-obra (automação de sistemas). É possível contratar tarifas de energia especiais, denominadas “horosazonais”, cujo custo do quilowatt-hora

(kWh) considera o período do ano (seco ou úmido) e o horário diário (horário fora de ponta: das 6h às 18h, com preço normal do quilowatt-hora; horário de ponta: geralmente das 18h às 21h, com sobretaxa no preço do quilowatt-hora; horário noturno: das 21h às 6h, com desconto de 60% no preço do quilowatt-hora, nas regiões Sudeste e Sul, e até de 90% nas regiões Norte e Nordeste).

Mendonça & Rassini (2005) afirmaram que os equipamentos de irrigação geralmente são montados sem projeto e que são adquiridos equipamentos usados em outras propriedades, sem adequação ao novo local de trabalho. Os autores declararam que isto leva a um alto consumo de energia por área, que pode ser diminuído com o redimensionamento e com a adaptação dos sistemas de irrigação, em que se propõe o uso de aspersores de baixa pressão e o aumento do tempo diário de irrigação. Os resultados obtidos neste trabalho mostram concordância com a afirmação desses autores, pois os sistemas montados sem projeto criterioso apresentaram maior consumo de energia por área irrigada.

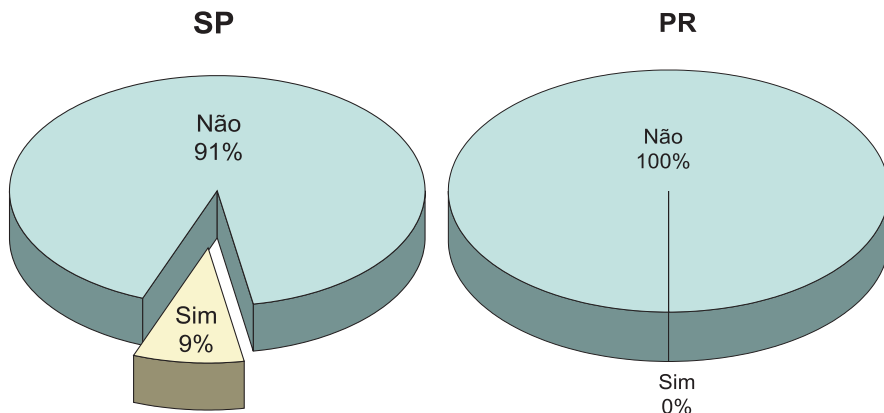
Em São Paulo, houve três tipos de sistemas de irrigação por aspersão: convencional semiportátil, convencional fixo e em malha. Já no Paraná só foram encontrados sistemas do tipo aspersão convencional fixo (Figura 1).



**Figura 1** – Tipos de sistemas de irrigação em áreas de pastagens em propriedades familiares nos Estados de São Paulo e do Paraná.

No Estado de São Paulo houve grande frequência do sistema em malha, embora ainda predomine a aspersão convencional semiportátil. A predominância de dados das regiões em que os extensionistas receberam treinamento no Projeto Balde Cheio interferiu na escolha dos sistemas de irrigação e aumentou a porcentagem de sistemas em malha, que têm apresentado menor custo total.

O treinamento dos extensionistas de São Paulo no Projeto Balde Cheio lhes possibilitou alterar com mais propriedade sistemas antigos de irrigação e escolher ou projetar sistemas novos mais eficientes. A Figura 2 mostra que uma parte dos sistemas de irrigação de São Paulo já sofreu modificações, mas nenhum sistema foi modificado no Paraná, um indício de que o treinamento e a experiência dos extensionistas podem influenciar positivamente os resultados da irrigação.



**Figura 2** – Ocorrência de modificações para melhorar o desempenho de sistemas e para reduzir o custo de irrigação em propriedades familiares nos Estados de São Paulo e do Paraná.

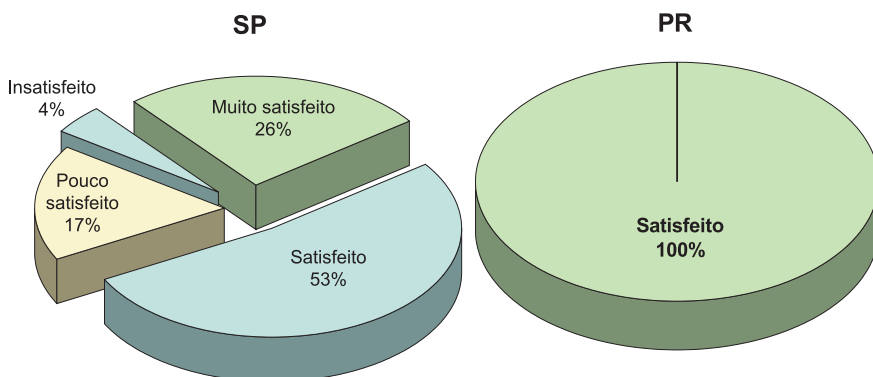
A Figura 3 mostra o grau de satisfação dos produtores rurais com relação ao sistema de irrigação. Todos os produtores do Paraná se declararam satisfeitos com os resultados obtidos e em São Paulo houve 79% dos produtores que se declararam satisfeitos ou muito satisfeitos. Entretanto, as médias da relação potência:área irrigada são muito altas, principalmente no Estado de São Paulo (Tabela 4). Nesse mesmo Estado, o tempo diário de irrigação é muito baixo. Tanto a relação potência:área irrigada quanto o tempo diário de irrigação têm alto desvio-padrão em relação à média, o que indica a falta de um padrão adequado dos projetos. Um conjunto de projetos adequados deve apresentar menor valor de desvio-padrão em ambos os parâmetros. Projetos adequados geralmente



apresentam tempo diário de irrigação igual ou superior a  $8 \text{ h.dia}^{-1}$  e relação potência:área irrigada igual a ou menor do que 2,5.

Embora a irrigação traga benefícios ao sistema de produção de leite, o desconhecimento das possibilidades e das opções para melhorar o sistema de irrigação pode reduzir a lucratividade dos produtores rurais, em razão de custos desnecessários, principalmente devido à compra de equipamentos superdimensionados e ao desperdício de água e energia.

Nos casos em que os produtores se manifestaram pouco satisfeitos, os motivos mais citados foram a desuniformidade de crescimento da pastagem, o alto custo de energia e a dificuldade de movimentação de tubos e de aspersores em áreas piqueteadas, principalmente com forrageiras de hábito de crescimento cespitoso.



**Figura 3** – Grau de satisfação dos produtores familiares dos Estados de São Paulo e do Paraná com o sistema de irrigação.

Uma diferença estrutural importante entre os dois Estados é a característica da rede elétrica rural. Em São Paulo, há disponibilidade de rede monofásica e de rede trifásica, mas no Paraná ela é quase toda monofásica. A rede monofásica limita a potência máxima instalada a 12 cv (cerca de 9 kW) e pode significar que haverá maior necessidade de instalação de transformadores exclusivos para os sistemas de irrigação, levando ao aumento dos custos de produção.

Quando se desconta a média de demanda de energia (exceto a irrigação) em uma pequena propriedade ( $2 \text{ kW.h}^{-1}$  ou  $2,7 \text{ cv.h}^{-1}$ ), em áreas com rede monofásica haveria folga de energia no transformador, da ordem de  $7 \text{ kW.h}^{-1}$  ( $9,3 \text{ cv.h}^{-1}$ ). Se for considerada a relação potência: área ideal de  $2 \text{ cv.ha}^{-1}$  ( $1,5 \text{ kW.ha}^{-1}$ ), será possível ter um transformador único para sistemas de irrigação com área máxima de 5 ha. Entretanto, essa situação não corresponde à realidade atual. Atualmente, a média da relação potência:área é de  $4,3 \text{ cv.ha}^{-1}$  ou  $3,2 \text{ kW.ha}^{-1}$ , em São Paulo, e de  $2,8 \text{ cv.ha}^{-1}$  ou  $2,1 \text{ kW.ha}^{-1}$ , no Paraná. Nessas condições, a máxima área irrigável com transformador único em rede monofásica será de 2,2 ha em São Paulo e de 3,3 ha no Paraná.

A compra de um transformador adicional representa aumento significativo do custo de irrigação, por dois motivos: a) o custo do transformador; e b) a perda de isenção de ICMS na conta de energia elétrica rural, que eleva o custo da energia ( $\text{R}\$. \text{kWh}^{-1}$ ). Portanto, deve-se buscar projetos com menor relação potência:área, para reduzir o custo de irrigação (energia, aquisição e implantação).

## **Dimensionamento e redimensionamento dos sistemas de irrigação**

### **a) Exemplo 1: Aspersão em malha – Embrapa Pecuária Sudeste**

Um sistema de irrigação por aspersão em malha foi dimensionado para a irrigação de *Panicum maximum* cv. Tanzânia e está instalado em uma área experimental da Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos, SP. Esse equipamento substituiu um antigo sistema de aspersão convencional semiportátil. As características do antigo sistema e as do novo sistema são apresentadas na Tabela 5.

O sistema antigo (aspersão convencional) tinha tubulação metálica de engate rápido, área irrigada de 1,6 ha, motobomba elétrica de 20 cv, potência consumida de 14,8 cv, relação potência:área de  $9,3 \text{ cv.ha}^{-1}$ , tempo efetivo e tempo total de irrigação de  $6 \text{ h.dia}^{-1}$  e de  $8 \text{ h.dia}^{-1}$ , respectivamente ( $2 \text{ h.dia}^{-1}$  para montagens e início de operação). Os aspersores utilizados tinham vazão de  $4,84 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$  e pressão de serviço de 30 mca. O sistema apresentava problemas de vazamento e de manejo, e demandava uso intensivo de mão-de-obra (trabalho efetivo de  $8 \text{ h.dia}^{-1}$ ).

**Tabela 5** – Características e custos de irrigação do antigo e do novo sistema de irrigação da Embrapa Pecuária Sudeste, em área de cultivo de *Panicum. maximum* cv. Tanzânia.

Parâmetro	Sistema de irrigação (Aspersão)	
	Convencional portátil* (antigo)	Malha (novo)
Fonte de energia	Elétrica	Elétrica
Potência da bomba centrífuga (cv)	20,0	12,5
Potência consumida pela bomba (cv)	14,8	9,1
Área irrigada (ha)	1,6	3,0
Potência:Área (instalada) (cv.ha <sup>-1</sup> )	12,5	4,2
Potência:Área (consumida) (cv.ha <sup>-1</sup> )	9,3	3,0
Tempo total irrigação (h.dia <sup>-1</sup> )	8	9
Tempo efetivo de irrigação (h.dia <sup>-1</sup> )	6	9
Uso de mão-de-obra (h.dia <sup>-1</sup> )	8	1,5
Consumo de energia (kWh.dia <sup>-1</sup> )	65,3	60,2
Consumo por área (kWh.ha <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )	40,8	20,1
<b>Custos de irrigação</b>	<b>Convencional portátil</b>	<b>Malha</b>
Aquisição e implantação** (R\$.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	132,28	616,91
Manutenção (R\$.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	93,75	131,17
Mão-de-obra*** (R\$.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	2.500,00	468,75
Energia**** (irrigação durante 100 dias.ano <sup>-1</sup> )	746,64	367,83
<b>Custo total (R\$.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>	<b>3.472,67</b>	<b>1.584,66</b>

\* Sistema com mais de dez anos de uso , com custo de aquisição e implantação já amortizado.

\*\* Inclui o custo financeiro, com juros de 6,75% a.a. e prazo de pagamento de dez anos (Finame).

\*\*\* Diária de R\$ 40,00 por oito horas de trabalho, incluindo encargos trabalhistas.

\*\*\*\* Preço do quilowatt-hora: R\$ 0,183

Além das características dadas na Tabela 5, o novo sistema (aspersão em malha) é fixo, com tubulação de PVC, aspersores com vazão de  $2,15 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  e pressão de serviço de 25 mca. A tubulação é toda enterrada, para aumentar a durabilidade e para evitar danos e acidentes com os animais. O novo equipamento reduziu drasticamente a necessidade de mão-de-obra e aumentou sua produtividade (trabalho efetivo de  $1,5 \text{ h} \cdot \text{dia}^{-1}$  na irrigação), pois não há exigência de mudança e de montagem de tubos e de conexões para irrigar.

O uso de aspersores de baixa pressão e o aumento do tempo disponível para irrigação de  $6 \text{ h} \cdot \text{dia}^{-1}$  para  $9 \text{ h} \cdot \text{dia}^{-1}$  possibilitaram a redução da potência da motobomba elétrica e da relação potência consumida:área. Com isso, o consumo de energia por área foi reduzido em 51%.

As modificações citadas levaram à redução de 1.888,01 R\$.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no custo total de irrigação (-54%), devido à redução de 51% no custo de energia e de 81% no custo de mão-de-obra.

A economia de mão-de-obra foi suficiente, com folga, para pagar a aquisição e a implantação do novo sistema de irrigação (aspersão em malha), o que compensou plenamente o investimento feito.

## **b) Exemplo 2: Aspersão em malha – CATI (Arealva, SP)**

Um sistema de irrigação por aspersão convencional fixo foi redimensionado e convertido em sistema de aspersão em malha, para a irrigação de *Panicum maximum* cv. Mombaça.

Esse sistema está instalado no município de Arealva, SP, em uma propriedade rural que participa do Projeto Balde Cheio e que recebe assistência técnica do Escritório de Desenvolvimento Rural de Bauru, da CATI.

Por ser uma região com temperaturas mais altas, com seca mais acentuada e veranicos mais freqüentes do que no primeiro exemplo, neste caso o período de irrigação é de 150 dias por ano, maior do que no exemplo anterior. As características do sistema original e do sistema redimensionado são apresentadas na Tabela 6.

O sistema de irrigação original (convencional fixo) tinha uma relação potência consumida:área muito alta ( $10,8 \text{ cv.ha}^{-1}$ ) e tempo efetivo de irrigação muito curto ( $6 \text{ h.dia}^{-1}$ ). O equipamento apresentava problemas de cavitação na bomba centrífuga, devido a defeito de instalação da sucção de água. A válvula de pé situava-se muito próxima da superfície da água, o que levava à ocorrência de vórtice, com entrada de ar na bomba e, conseqüentemente, à cavitação.

Foram constatados problemas de distribuição de água causados pela disposição incorreta das linhas laterais (tubulação com aspersores), com espaçamento de 12 m x 40 m (aspersores x linhas). Como o raio molhado pelos aspersores era de 15 m, havia faixas entre as linhas de aspersores que não recebiam irrigação.

**Tabela 6** – Características e custos do sistema de irrigação em sua forma original (convencional fixo) e após sua conversão (malha) e seu redimensionamento, em área de cultivo de *Panicum maximum* cv. Mombaça de uma propriedade rural em Arealva, SP.

Parâmetro	Sistema de irrigação (Aspersão)	
	Convencional fixo	Malha
Fonte de energia	Elétrica	Elétrica
Potência da bomba centrífuga (cv)	20	5
Potência consumida pela bomba (cv)	16,2	3,4
Área irrigada (ha)	1,5	1,5
Potência:Área (instalada) (cv.ha <sup>-1</sup> )	13,3	3,3
Potência:Área (consumida) (cv.ha <sup>-1</sup> )	10,8	2,3
Tempo de irrigação (h.dia <sup>-1</sup> )	7	10
Tempo efetivo de irrigação (h.dia <sup>-1</sup> )	6	10
Uso de mão-de-obra (h.dia <sup>-1</sup> )	3	1
Consumo de energia (kWh.dia <sup>-1</sup> )	71,4	25,0
Consumo por área (kWh.ha <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )	47,6	16,7
<b>Custos de irrigação</b>	<b>Convencional</b>	<b>Malha</b>
Aquisição e implantação* (R\$.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	583,21	578,92
Manutenção (R\$.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	124,00	123,09
Mão-de-obra** (R\$.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	1.125,00	375,00
Energia*** (150 dias por ano) (R\$.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	1.306,62	458,42
<b>Custo total (R\$.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>	<b>3.138,83</b>	<b>1.535,43</b>

\* Inclui o custo financeiro, com juros de 6,75% a.a. e prazo de pagamento de dez anos (Finame).

\*\* Diária de R\$ 20,00, mão-de-obra familiar e sem encargos trabalhistas (propriedade de agricultura familiar).

\*\*\* Preço do quilowatt-hora: R\$ 0,183

Além disso, o proprietário relatou preocupação com o custo de energia (custo mensal de R\$ 400,00 a R\$ 500,00 num período de seis meses de irrigação), o que contribuía para inviabilizar a atividade leiteira em sua propriedade.

Após a análise da situação, foram propostas as seguintes modificações:

- Conversão do sistema convencional fixo em sistema de aspersão em malha.
- Modificação do espaçamento para 18 m x 18 m (aspersores x linhas).
- Projeto para ampliação futura da área irrigada para 3 ha (dobro do original), com a mesma bomba centrífuga escolhida no redimensionamento.

O novo sistema de irrigação é do tipo aspersão em malha, com tubulação em PVC. Foram aproveitados todos os tubos do sistema original, para diminuir o custo de aquisição do novo equipamento. Apesar disso, foi necessária a compra de tubos e de conexões para montagem das malhas, além da compra de uma nova motobomba de menor potência (5 cv), em substituição à bomba original (20 cv).

O produtor foi aconselhado a colocar a primeira bomba à venda, a fim de reduzir o aporte de capital para a aquisição do material do novo sistema de irrigação.

Os resultados apresentados na Tabela 6 mostram que todos os componentes do custo total de irrigação foram reduzidos com o redimensionamento. O custo total sofreu redução de 1.603,40 R\$.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (-51%) e as mudanças mais significativas foram nos custos de mão-de-obra (redução de 750,00 R\$.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, ou 67%) e de energia (redução de 848,20 R\$.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, ou 65%).



Neste caso, a redução do custo total do sistema após a reforma foi maior do que o custo total remanescente. A redução do custo de mão-de-obra foi equivalente a 129% dos custos de aquisição e de implantação do novo sistema. Já a redução do custo de energia foi equivalente a 147% desses mesmos custos e a economia total gerada pela modificação do sistema foi equivalente a 104% do custo total remanescente (sistema em malha), justificando plenamente a reforma do sistema de irrigação.

**c) Exemplo 3: Aspersão em malha para irrigação noturna – CATI (Presidente Prudente, SP)**

Foi projetado e instalado um sistema de irrigação por aspersão em malha para a irrigação de *Cynodon sp. cv. Tifton 85*. Está instalado no município de Presidente Prudente, SP, em uma propriedade rural que participa do Projeto Balde Cheio e recebe assistência técnica do Escritório de Desenvolvimento Rural de Presidente Prudente, da CATI. As características do sistema de irrigação são apresentadas na Tabela 7.

**Tabela 7** – Características e custos do sistema de irrigação por aspersão em malha projetado para irrigação noturna, em propriedade no município de Presidente Prudente, SP, em área de cultivo de *Cynodon sp.* cv. Tifton 85.

Parâmetro	Sistema de irrigação (aspersão em malha)
Fonte de energia	Elétrica
Potência da bomba centrífuga (cv)	4
Potência consumida pela bomba (cv)	3,5
Área irrigada (ha)	3,3
Potência:Área (instalada) (cv.ha <sup>-1</sup> )	1,2
Potência:Área (consumida) (cv.ha <sup>-1</sup> )	1,1
Tempo de irrigação (h.dia <sup>-1</sup> )	9
Tempo efetivo de irrigação (h.dia <sup>-1</sup> )	9
Uso de mão-de-obra (h.dia <sup>-1</sup> )	1,5
Consumo de energia (kWh.dia <sup>-1</sup> )	23,15
Consumo por área (kWh.ha <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )	7,02
<b>Custos de irrigação</b>	<b>Malha</b>
Aquisição e implantação* (R\$.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	577,29
Manutenção (R\$.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	170,05
Mão-de-obra ** (R\$.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	170,45
Energia (150 dias por ano) *** (R\$.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	136,60
<b>Custo total (R\$.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>	<b>1.054,39</b>

\* Inclui o custo financeiro, com juros de 6,75% a.a. e prazo de pagamento de dez anos.

\*\* Diária de R\$ 20,00, mão-de-obra familiar e sem encargos trabalhistas (propriedade de agricultura familiar).

\*\*\* Com a tarifa “horossazonal” verde cobra-se a demanda contratada (7,54 R\$.kW<sup>-1</sup>.mês<sup>-1</sup>) e o consumo, que pode ser diurno (0,144 R\$.kW<sup>-1</sup>) ou noturno (0,058 R\$.kW<sup>-1</sup>)

O sistema diferencia-se dos dois exemplos anteriores pelos seguintes motivos:

- É um sistema novo e não redimensionado.

- Foi implantado de forma modular, com três setores quase idênticos em vazão e pressão, o que facilita o pagamento dos custos de aquisição.
- Os setores são irrigados independentemente, um setor por vez, para reduzir a necessidade de potência da bomba centrífuga e otimizar a sua utilização.
- Funciona à noite, para reduzir o custo de energia elétrica, contratando-se uma tarifa “horossazonal” da concessionária de energia, que dá desconto de 60% sobre o valor diurno do quilowatt-hora, mas cobra mensalmente a máxima demanda de potência instantânea (pico de potência).
- Tem acionamento automático, tanto a bomba (*timer*) quanto as válvulas de controle de vazão, que direcionam a água para cada setor a ser irrigado.

O uso de tarifas “horossazonais” deve ser negociado com a concessionária de energia e representa acréscimo no custo de aquisição e de implantação do sistema de irrigação, devido à necessidade de compra de um medidor especial de energia elétrica, que detecta o horário do consumo e a potência consumida (demanda).

Neste exemplo, foi estipulado o valor de R\$ 1.500,00 para aquisição do medidor de energia e utilizou-se a tarifa “verde”, com valores de 7,54 R\$.kW<sup>-1</sup> para a demanda, 0,144 R\$.kWh<sup>-1</sup> para o consumo diurno e 0,058 R\$.kWh<sup>-1</sup> para o consumo noturno. Além do menor custo, a irrigação noturna reduz a evaporação da água no ar (antes do solo) e aumenta a uniformidade de aplicação devido à menor incidência de ventos.

### d) Comparação do custo total de irrigação nos exemplos apresentados

A Tabela 8 mostra um resumo dos custos dos novos sistemas de irrigação nos três exemplos apresentados. A automação para funcionamento noturno no terceiro sistema aumentou apenas o custo de manutenção, devido à maior quantidade de equipamentos em relação aos outros sistemas em malha apresentados.

A automação e a tarifa noturna de irrigação possibilitaram a redução significativa no custo da energia e a diminuição do custo total em cerca de 500,00 R\$.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (-30%). Para o preço de venda de R\$ 0,50 por litro de leite, essa redução de custo equivale a 1.000 L.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> de leite, o que prova que a automatização e a irrigação noturna são eficazes na redução do custo de irrigação.

**Tabela 8** – Resumo dos custos de irrigação e sua posição relativa\* nos três exemplos apresentados.

Custos de irrigação	Exemplos		
	1**	2***	3****
Aquisição e implantação	616,91 (100,0)	578,92 (93,8)	577,29 (93,6)
Manutenção	131,17 (76,8)	123,09 (72,4)	170,05 (100,0)
Mão-de-obra	468,75 (100,0)	375,00 (80,0)	170,45 (36,3)
Energia	367,83 (80,2)	458,42 (100,0)	136,60 (29,8)
Total	1.584,66 (100,0)	1.535,43 (96,9)	1.054,39 (78,9)

\* Percentagem em relação ao valor máximo

\*\* Sistema de irrigação instalado na Embrapa Pecuária Sudeste

\*\*\* Sistema de irrigação instalado em Arealva, SP

\*\*\*\* Sistema de irrigação instalado em Presidente Prudente, SP

O projeto com aspersão em malha para irrigação noturna e automatizada apresentou os menores valores de potência instalada ( $1,2 \text{ cv.ha}^{-1}$ ) e de potência consumida por área irrigada ( $1,1 \text{ cv.ha}^{-1}$ ) (Tabela 7). Também apresentou o menor custo total (Tabela 8), principalmente devido aos custos de mão-de-obra e de energia.

## Conclusões

Os resultados obtidos e apresentados nos exemplos permitem concluir que:

- a) Aspersores de baixa pressão reduzem o consumo de energia na irrigação.
- b) Sistemas de irrigação por aspersão em malha possibilitam a redução significativa do custo de irrigação.
- c) A avaliação técnico-econômica auxilia extensionistas e produtores a decidir sobre a necessidade de modificar os sistemas de irrigação, de modo a reduzir os custos de produção.
- d) É possível utilizar a automação com custo baixo na irrigação de pastagens em propriedades de agricultura familiar, de modo a otimizar a aplicação de água e minimizar os custos de energia e de mão-de-obra.
- e) O treinamento de profissionais de extensão rural para trabalhar com planejamento da irrigação contribui significativamente para a melhoria do uso de água e a redução do custo da produção animal em sistemas intensivos.

## Agradecimentos

Os autores deixam seus agradecimentos à Embrapa, à CATI e à Confepar, cuja alocação de recursos e colaboração foi essencial à execução deste trabalho.

## Referências bibliográficas

ANDRADE, C. M. S. **Produção de bovinos em pastagem irrigada**. Viçosa: Centro de Ciências Agrárias, Depto. de Zootecnia, UFV, jul./2000. 23 p. Disponível em <[http://www.forragicultura.com.br/arquivos/Irrigacaopastagens\\_Revis%C3%A3o.pdf](http://www.forragicultura.com.br/arquivos/Irrigacaopastagens_Revis%C3%A3o.pdf)>. Acesso em 25 maio 2007.

ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; LOPES, R. S.; NASCIMENTO JR., D.; CECON, P. R.; QUEIROZ, D. S.; PEREIRA, D. H.; REIS, S. T. Análise de crescimento do capim-elefante 'Napier' adubado e irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 415-423, 2005.

AZEVEDO, H. J.; BERNARDO, S.; RAMOS, M. M.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R. Influência de elementos do clima no desperdício de energia em um sistema de irrigação por aspersão de alta pressão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 3, n. 3, p. 336-341, 1999.

BARIONI, L. G.; MARTHA JR., G. B.; RAMOS, A. K. B.; VELOSO, R. F.; RODRIGUES, D. C.; VILELA, L. Planejamento e gestão do uso de recursos forrageiros na produção de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20, 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 105-154.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 625 p.

CAMARGO, A. C. de; NOVAES, N. J.; NOVO, A. L. M.; MENDONÇA, F. C.; MANZANO, A.; ESTEVES, S. N.; FAVARETTO, M.R.M.; MARQUES, W.; TOSCANO, J.F.; SANCHES, I.C.; RIBEIRO, W.M.; FARIA, V.P. **Projeto Balde Cheio: Transferência de tecnologia na produção leiteira: estudo de caso do sítio São José, de Nhandeara, SP.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. 8 p. (Embrapa Pecuária Sudeste, Comunicado Técnico, 74). Disponível em <<http://www.cppse.embrapa.br/servicos/publicacao gratuita/comunicadotecnico/comutecnico74.pdf>>. Acesso em 2 out. 2007.

DRUMOND, L. C. D.; AGUIAR, A. P. A. **Irrigação de pastagem.** Uberaba: L. C. D. Drumond, 2005. 210 p.

DRUMOND, L. C. D.; FERNANDES, A. L. T. **Irrigação por aspersão em malha.** Uberaba: Ed. Universidade de Uberaba, 2001. 84 p.

GHELFI FILHO, H. **Efeito da irrigação sobre a produtividade do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) variedade Napier.** 1972. 77 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

LOPES, R. S.; FONSECA, D. M.; OLIVEIRA, R. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; ANDRADE, A. C.; STOCK, L. A.; MARTINS, C. E. Disponibilidade de matéria seca em pastagens de capim-elefante irrigadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras., v. 27, n. 6, p. 1388-1394, 2003.

MEDEIROS, H. R.; PEDREIRA, C. G. S.; VILLA NOVA, N. A. Temperatura base de gramíneas forrageiras estimadas através do conceito de unidade fototérmica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife, PE. **Anais...** Recife : SBZ, 2002. v. 1. 1 CD-ROM.

MENDONÇA, F. C.; RASSINI, J. B. **Curso teórico-prático de manejo e projetos de irrigação em pastagens.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 59 p. Apostila.

OLIVEIRA, P. P. A.; PRIMAVESI, A. C.; CAMARGO, A. C.; RIBEIRO, W. M.; SILVA, E. T. M. **Recomendação da sobressemeadura de aveia forrageira em pastagens tropicais ou subtropicais irrigadas.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 7 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Comunicado Técnico, 61).

RASSINI, J. B. **Irrigação de pastagens:** frequência e quantidade de aplicação de água em latossolos de textura média. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2002. 7 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 31).

RASSINI, J. B. Período de estacionalidade de produção de pastagens irrigadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 8, p. 821-825, 2004.

RODRIGUES, A. A.; MENDONÇA, F. C.; PEDROSO, A. F.; SANTOS, P. M.; FREITAS, A. R.; TUPY, O. **Utilização, em pastejo, de aveia semeada sobre capim-tanzânia, para complementação da dieta de vacas de alta produção na época da seca:** resposta bioeconômica. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. 23 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento, 3).

ROLIM, F. A. Estacionalidade de produção de forrageiras. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Ed.). **Pastagens:** fundamentos da exploração racional. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 533-566.