

Pastagens irrigadas

Marco Antonio Alvares Balsalobre¹

Patrícia Menezes Santos²

Fábio Luiz Aires Maya³

Marco Antonio Penati⁴

Moacyr Corsi⁵

1. INTRODUÇÃO

A irrigação de pastagens tem sido motivo de discussão há vários anos (Ghelfi Filho, 1972); entretanto, foi nos anos 90 que esse assunto se tornou mais evidente. Alguns agricultores, tentando melhorar a rentabilidade de suas propriedades e, utilizando-se de equipamentos de irrigação já instalados, migraram para a pecuária. Esses sistemas de pastagens irrigadas tinham como maior objetivo, portanto, aproveitar a capacidade de produção instalada e, ao mesmo tempo, obter o lucro que não estava sendo atingido com a agricultura naquele momento.

Esses primeiros sistemas de produção animal com irrigação via pivô central chamaram a atenção, pois eram vistos como uma atitude inovadora e mostravam uma nova fase da pecuária. Desse modo, vários seto-

1. Diretor de Produto da Bellman, marcobalsalobre@bellman.com.br, 1732147500, 1934027583.

2. Pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste.

3. Aluno de pós-graduação do curso Ciência Animal e Pastagens, nível mestrado, USP/ESALQ.

4. Doutor em Ciência Animal e Pastagens, USP/ESALQ.

5. Departamento de Zootecnia, USP/ESALQ.

res da agropecuária passaram a se interessar pela irrigação de pastagens como, por exemplo, a indústria de equipamentos de irrigação, a indústria de equipamentos para cerca elétrica, os extensionistas e consultores, os pesquisadores e os próprios pecuaristas, que começaram a adotar o sistema.

Os bons resultados divulgados sobre os primeiros sistemas irrigados de produção animal colocavam este empreendimento como negócio de grande viabilidade econômica. Os níveis de desempenho, com ganhos de peso da ordem de 1000 a 1200 g/cabeça/dia e lotação média de 10 UA/ha, levaram alguns a apelidarem esse sistema de "confinamento de boi irrigado". Não é necessário dizer que os projetos que se basearam nesses índices não tiveram sucesso, pois os ganhos de peso reais são inferiores e lotações médias do ano superiores a 7 UA/ha são difíceis de serem alcançadas.

De qualquer forma, nos últimos anos, as instituições de pesquisa, os pecuaristas e os extensionistas geraram uma série de dados sobre a irrigação de pastagens. Informações sobre qualidade da forragem em áreas irrigadas, tecnologia de aplicação de adubo, manejo da pastagem sob irrigação, manejo da irrigação, desempenho animal e aspectos econômicos têm sido continuamente divulgadas. Nas duas últimas edições da Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, por exemplo, foram apresentados 16 (Piracicaba/2001) e 26 (Recife/2002) trabalhos com pastagens irrigadas.

O panorama nacional, no entanto, vem sofrendo grandes alterações. Atualmente, a agricultura é mais rentável que há 10 anos, principalmente devido à valorização de preço dos produtos agrícolas e às novas variedades de plantas mais produtivas devido a maior resistência a pragas e doenças e maior adaptação ao meio ambiente. A agricultura atual é de menor risco devido à melhor informação no campo, às possibilidades de negociações antecipadas ("hedge"), ao melhor uso de tecnologias pelos agricultores, à melhora na qualidade e demanda pela assistência técnica, à modernização dos equipamentos e máquinas agrícolas e ao trabalho de zoneamento agrícola dos órgãos governamentais que norteiam a viabilidade de plantio de determinadas culturas. Diante disso, a pecuária irrigada deve ser analisada de forma mais técnica, a fim de possibilitar a tomada de decisão por parte dos produtores, indicando soluções para questões como: De que forma a irrigação de pastagens deve ser inserida no sistema de produção? Quais os locais mais adequados para a adoção

de técnicas de irrigação? A irrigação de pastagens poderá solucionar o problema de estacionalidade de produção?

2. DISPONIBILIDADE DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

O Brasil tem se firmado no mercado internacional como grande produtor e exportador de carne bovina. Nos últimos 5 anos a exportação saltou de 500.000 t/ano para 1.200.000 t/ano, o que significou cerca de 20% de aumento de exportação ao ano. A produção de carne bovina brasileira é estimada em cerca de 7,4 milhões de toneladas para o ano de 2003. O crescimento de produção é da ordem de 240.000 t/ano, o que significa cerca de 1.200.000 animais abatidos a mais por ano.

Esse número de animais abatidos a mais por ano representa 0,70% do rebanho atual; entretanto, como o rebanho cresce 1,4% ao ano, o aumento de desfrute real é de cerca de 0,5 pontos percentuais sobre o valor do ano anterior.

Por outro lado, a demanda interna por consumo de carne tem crescido devido ao aumento da população. A expectativa futura é que haja aumento do poder aquisitivo da população e que com isso o consumo individual também se eleve. Segundo projeções da MB associados (Balsalobre et al., 2002), devido ao aumento da população brasileira e ao aumento do poder aquisitivo, a produção de carne vermelha terá que ser 30% maior em 2012 do que a produção de 2002.

A área de pastagens nacional não tem aumentado, principalmente, devido à redução dos desmatamentos, à regeneração de áreas de reserva legal e ao avanço da agricultura em áreas de pastagens, acentuado no ano de 2002/03 com o aumento da área de plantio de soja. A taxa de lotação animal média brasileira de 0,54 UA/ha (1 cabeça/ha), entretanto, indica que a área de pastagens não é limitante para o crescimento da produção animal. Mesmo considerando que apenas pouco mais de 50% das pastagens são artificiais e passíveis de intensificação, tem-se hoje o domínio de tecnologias capazes de promover aumentos expressivos de carga animal nas pastagens e de desfrute, como:

- Reforma e recuperação das pastagens
- Pastejo rotacionado

- Diferimento de pastagens
- Adubação de pastagens
- Suplementação com concentrados para animais sob pastejo
- Melhoramento genético dos animais
- Terminação em confinamento
- Irrigação de pastagens

A irrigação representa um instrumento de aumento de produção forrageira e, conseqüentemente, aumento de produção animal. É importante ressaltar, no entanto, que a irrigação deve ser um dos últimos passos no processo de intensificação de uma pastagem. Inicialmente, as áreas devem ser recuperadas e bem formadas, devem ser adubadas com nitrogênio e manejadas por método de pastejo rotacionado, a fim de se assegurar maior eficiência de colheita da forragem e, o mais importante, devem estar inseridas no sistema de produção animal e com viabilidade econômica.

Antes de se aprofundar a discussão sobre a irrigação de pastagens faz-se necessária uma reflexão sobre o uso da água. O relatório divulgado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO, 2003) aponta a água como o motivo da próxima crise mundial. A demanda tem aumentado enquanto os suprimentos de água de qualidade têm diminuído, de tal forma que, em 20 anos, a média de água por habitante deve se reduzir para um terço.

A UNESCO recomenda que cada habitante tenha à sua disposição 1.000 m³ de água por ano. Alguns países dispõem de muito menos do que isso, como é o caso do Kuwait, que tem em média 10 m³/habitante.ano (Tabela 1). O caso do Brasil é diferente, pois este possui 18% das reservas de água doce do mundo, o que significa, em média, 34.000 m³ de água por habitante.ano.

Entretanto, a distribuição da água dentro do território nacional é irregular e se agrava quando a relacionamos com a distribuição demográfica da população, pois 85,5% da população vive nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste, onde se localiza cerca de 11% do potencial hídrico; e o restante da população vive nas regiões Norte e Centro-Oeste, onde estão 89% das reservas hídricas. Isso significa que em média o habitante das regiões Sul, Sudeste e Nordeste possui cerca de 6.000 m³ de água por ano, en-

Tabela 1. Distribuição dos países em relação à oferta de água por habitante e à qualidade da água.

| Categoria | Países |
|--------------------------|--|
| Nações pobres em água | Kuwait, Emirados Árabes, Bahamas, Qatar, Líbia, Arábia Saudita, Malta e Cingapura |
| Nações ricas em água | Brasil, Guiana Francesa, Suriname, Guiana, Congo, Guiné, Gabão, Canadá, Nova Zelândia e Iraque |
| Água em más condições | Bélgica, Marrocos, Índia, Jordânia, Sudão, Níger e Ruanda |
| Água de melhor qualidade | Finlândia, Grã-Bretanha, Coreia do Sul, Suécia e França |

Fonte: UNESCO (2003).

quanto que o das regiões Centro-Oeste e Norte possui 200.000 m³. Na região Nordeste, onde a disponibilidade de água é mais crítica, há uma oferta média de 3.600 m³/habitante.ano. Ainda assim, esse valor é 3,6 vezes maior do que o recomendado pela Unesco (Tabela 2).

Tabela 2. Distribuição da água no Brasil por região.

| | População (mil) | % da água | Total de água (m ³) | Oferta (m ³ /habitante) |
|--------------|-----------------|-----------|---------------------------------|------------------------------------|
| Brasil | 169.873 | 100 | 5.788.260.000 | 34.074 |
| Norte | 12.912 | 68 | 3.936.016.800 | 304.834 |
| Nordeste | 47.782 | 3 | 173.647.800 | 3.634 |
| Sudeste | 72.430 | 6 | 347.295.600 | 4.795 |
| Sul | 25.110 | 7 | 405.178.200 | 16.136 |
| Centro-Oeste | 11.639 | 16 | 926.121.600 | 79.571 |

Fonte: IBGE (2002), UNESCO (2003).

De 1950 a 1995 a população mundial aumentou 122% e a área plantada de grãos apenas 17%. Foi o aumento de produtividade de grãos de 141% associado à maior disponibilidade de proteína animal que possibilitou a oferta de alimentos para essa população maior. Entretanto, os aumentos de produtividade entre 2 e 2,5% ao ano alcançados em média desde 1950 foram bem superiores aos aumentos médios dos anos 90, de 0,7% ao ano. Essa queda na taxa de aumento de produtividade evidencia o limite das técnicas que determinaram esses incrementos, como o melhoramento genético e o uso do nitrogênio. O aumento da área irrigada é tido hoje como chave para o aumento de produtividade das culturas agrícolas para os próximos anos (Postel, 1998).

Aproximadamente 40% da produção mundial de alimentos é proveniente de áreas irrigadas; no entanto, a área irrigada representa apenas 18% do total da área agrícola mundial (Postel, 2001). As áreas irrigadas apresentam maior potencial de produção, pois produzem mais em uma safra agrícola e é possível mais de um plantio por ano. A estimativa é que, no mundo, se irriguem 350 milhões de ha. Isso significa que a área irrigada de quatro países (Índia, China, UE e Paquistão) representa 50% do total da área (Figura 1).

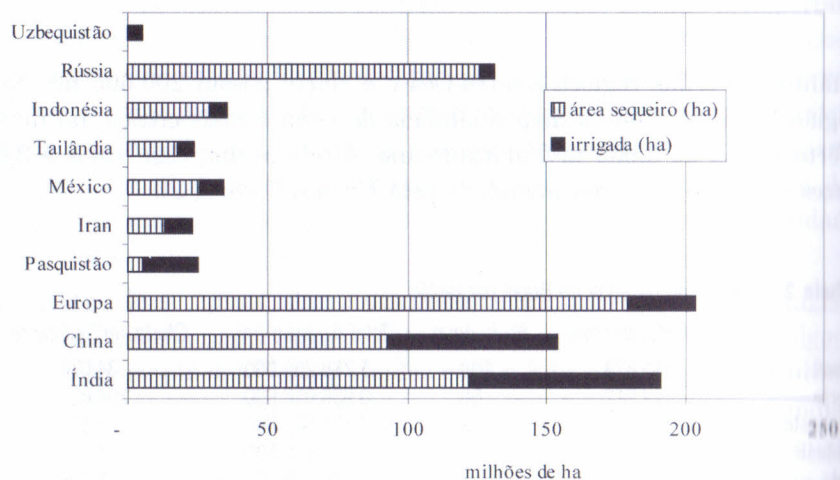


Figura 1. Área irrigada dos 10 países com maiores áreas irrigadas.

Na Tabela 3 são apresentados os indicadores nacionais da irrigação no ano de 1998. No Brasil, a área irrigada foi estimada em 2,9 milhões de ha, que representa apenas 6% da área agrícola total (Cristofidis, 1999, citado por Manzatto et al., 2002). Apesar disso, em 2000, a área irrigada foi responsável por cerca de 16% da produção agrícola e 35% do valor dos produtos agrícolas no Brasil. Na Tabela 3 é possível observar também que, apesar da maior parte dos solos aptos à irrigação estarem localizados na região Norte, as maiores áreas irrigadas atualmente encontram-se nas regiões Sul e Sudeste.

Embora a área irrigada seja relativamente pequena diante do potencial, estas estão concentradas em alguns centros, o que provoca o exagero

Tabela 3. Indicadores da irrigação no Brasil no ano de 1998.

| Região | Solo aptos à irrigação (1.000 ha) | Área irrigada (1.000 ha) | Parcela do total agrícola (%) |
|--------------|--------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Norte | 11.900 | 87 | 4,02 |
| Nordeste | 1.104 | 493 | 5,77 |
| Sudeste | 4.429 | 891 | 8,29 |
| Sul | 4.407 | 1.195 | 7,36 |
| Centro-oeste | 7.724 | 202 | 2,34 |
| Total | 29.564 | 2.868 | 6,19 |

Fonte: Cristofidis (1999), citado por Manzatto et al. (2002).

de, em um País com grande disponibilidade de água doce, ocorrer falta de água para a população de algumas cidades. Esses dados indicam a necessidade de uma política de uso da água para irrigação no sentido de direcionar locais passíveis de serem irrigados e com a definição de que culturas podem ser plantadas. A produção de carne em áreas irrigadas não deve ser priorizada, pois exige muita água por unidade de produto quando comparada com outras culturas agrícolas (Tabela 4).

Tabela 4. Necessidade de água para a produção de alguns alimentos (m³ de água/kg de produto).

| Produto | Necessidade de água (m ³ de água/kg de produto) | m ³ de água/Mcal |
|---------------------|---|-----------------------------|
| Carne bovina | 15 | 4,92 |
| Carne de carneiro | 10 | 3,28 |
| Carne de frango | 6 | 2,15 |
| Cereais em geral | 1,5 | 0,45 |
| Arroz | 4,5 | 1,34 |
| Frutas cítricas | 1 | 1,16 |
| Óleo | 2 | 0,22 |
| Raízes e tubérculos | 1 | 0,30 |

Fonte: UNESCO (2003).

Com a intenção de educar o consumidor a melhorar a eficiência no uso da água, São Paulo poderá vir a ser o primeiro Estado a cobrar pelo uso da água, pois a Política Estadual de Recursos Hídricos, através da Lei 7663/91, que cria o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, prevê isso.

A cobrança pelo uso da água tem respaldo legal na Lei Federal n. 9433/97 que, em seu artigo 19, estabelece a água como um bem econômi-

co sujeito a cobrança, e que os recursos financeiros arrecadados deverão ser utilizados em financiamento de programas e intervenções para a recuperação ambiental da bacia hidrográfica onde foram gerados. O código das águas de 1934 já previa a cobrança pelo uso da água. Na Assembléia Legislativa de São Paulo tramita, desde 98, o projeto de lei que regulamenta esta cobrança (PL 20/98), que já foi aprovado pelos 20 comitês das bacias do Estado e pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos, tendo recebido propostas de 102 emendas e 2 substitutivos.

Em 31 de março de 2003 foi oficializado o Comitê Federal das Bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, tendo como principal objetivo estimular a Assembléia Legislativa de São Paulo a regulamentar a cobrança pelo uso da água nas demais bacias do Estado, pois os recursos para os comitês serão provenientes dessa cobrança.

A cobrança incidirá sobre a utilização da água por qualquer um e para qualquer uso, inclusive os irrigantes, sendo esse mais um item que deve ser computado no custo de sistemas irrigados.

3. IRRIGAÇÃO DE PASTAGENS NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

3.1. Limitações climáticas

Grande parte dos produtores que implantam um sistema de irrigação de pastagens tem como principal objetivo reduzir a estacionalidade de produção forrageira e a necessidade de suplementação do rebanho no período "seco".

A produção de forragem depende de fatores ligados ao clima, ao solo, à planta e ao animal, além das interações entre esses mesmos fatores. Dentre os fatores climáticos que influenciam o desenvolvimento vegetal, pode-se citar: precipitação pluvial (interfere na umidade do solo), luminosidade (quantidade e qualidade de luz), fotoperíodo e temperatura. A irrigação de pastagens irá interferir apenas na umidade do solo, de forma a mantê-la adequada ao desenvolvimento das plantas nos períodos de menor pluviosidade.

A quantidade e a qualidade da radiação incidente e o fotoperíodo interferem em uma série de processos fisiológicos e morfofisiológicos das plantas como, por exemplo, taxa fotossintética, aparecimento, alongamento e senescência de folhas, taxa de perfilhamento e florescimento (Arnott &

Ryle, 1982; Deinum et al., 1996; Gautier & Varlet-Grancher, 1996; Muchow & Carberry, 1990; Noodén et al., 1996; Salisbury & Ross, 1992; Woledge, 1972). Fica clara, portanto, a importância destes fatores para a definição da produtividade de uma pastagem.

De modo geral, as pastagens brasileiras são formadas por gramíneas tropicais. A temperatura ótima para o desenvolvimento dessas espécies é por volta de 30 a 35°C. Ferraris et al. (1986), por exemplo, determinaram que a temperatura ótima para o crescimento do capim elefante é de 33/28°C (dia/noite). A resposta das plantas à temperatura, porém, é variável. Estudos com plantas temperadas demonstraram que a temperatura base (temperatura que limita o desenvolvimento de uma determinada espécie) é característica para cada espécie e cultivar e que o uso de valores médios não é adequado (Unruh et al., 1996).

O trabalho apresentado por Medeiros et al. (2002) propõe um método para estimar os valores de temperatura base inferior para gramíneas tropicais, utilizando o conceito de unidade fototérmica (conceito que associa fotoperíodo e temperatura). Nesse trabalho, os autores estimaram que a temperatura base para o capim elefante é de 13°C. Esse valor é semelhante a outros dados citados na literatura e explica porque a maior parte da produção desta espécie ocorre no período de verão.

A aplicação de água elimina (ou reduz) os efeitos do estresse hídrico sobre a planta, aumentando a produtividade do pasto. Desta forma, ela será interessante em situações em que a produção seja limitada, principalmente, pela deficiência hídrica. Em diversas regiões do Brasil, no entanto, o desenvolvimento das plantas forrageiras no período de entressafra é limitado também (ou principalmente) pela temperatura e por outros fatores como luminosidade e fotoperíodo. Os primeiros experimentos relacionados à irrigação de pastagens no Estado de São Paulo foram desenvolvidos por Ghelfi Filho (1972 e 1978), em Piracicaba, SP. O autor observou que a irrigação proporcionava aumento na produção total de matéria seca dos capins elefante e colônias durante o ano; entretanto não contribuía para alterar a curva de estacionalidade de produção de matéria seca, sendo que as irrigações efetuadas durante o período de "verão" (quente e úmido) eram mais vantajosas que as irrigações feitas durante o período do "inverno" (frio e seco). O autor verificou também que o uso da água para produção de matéria seca pela planta forrageira durante o "verão"

era cerca de três vezes mais eficiente que durante o “inverno”. Neste caso, a irrigação poderá aumentar a produção anual de matéria seca, porém não irá alterar a estacionalidade de produção de forragem e a eficiência de uso da água no período mais frio será reduzida.

A determinação da temperatura base para várias espécies poderia auxiliar no zoneamento climático das plantas forrageiras e também na determinação das espécies e regiões mais recomendadas para implantação de sistemas irrigados. O método proposto no trabalho de Medeiros et al. (2002) tem apresentado resultados bastante consistentes. Além disso, é possível encontrar na literatura dados para várias espécies que podem ser utilizados para este cálculo. A elaboração de um zoneamento para as espécies forrageiras, à semelhança do que tem sido feito para culturas agrícolas, auxiliaria muito o desenvolvimento da pecuária nacional.

3.2. Qualidade da forragem irrigada ao longo do ano e desempenho animal

Estresse hídrico de curto período (verânico) pode promover melhoria na qualidade da forragem, pois aumenta a digestibilidade da MS e reduz a relação haste/folha (Vough et al., 1971; Halim et al., 1989). A explicação para isso é que em estresse hídrico há redução do ritmo de crescimento da planta e com isso acúmulo de solutos (nutrientes) nas células, o que melhora sua qualidade. Por outro lado, períodos prolongados de estresse hídrico podem promover o aumento da espessura de células do esclerênquima (Paciullo et al., 1999), reduzindo o ataque de microorganismos no rúmen (Wilson & Mertens, 1995).

Em condições de Brasil Central as plantas florescem, em sua maioria, no final da estação das águas. O efeito do florescimento, associado à falta de precipitação pluvial prolongada de inverno, reduz sensivelmente a qualidade da forragem nesse período.

Em áreas irrigadas, entretanto, o comportamento das plantas com relação ao florescimento parece ser diferente. Desse modo, plantas forrageiras manejadas sob irrigação apresentam qualidade diferenciada em relação às mesmas espécies em sequeiro. No inverno, há tendência de que tenham melhor qualidade enquanto que no verão poderão, em alguns períodos, ter qualidade inferior, caso as respostas de qualidade em

relação ao estresse hídrico sejam as mesmas da alfafa, como relatadas na literatura (Vought et al., 1971 e Halim et al., 1989).

A qualidade nutricional do capim Tanzânia irrigado foi avaliada durante o Projeto CAPIM (Caracterização e Avaliação de Pastagens Irrigadas e seu Manejo, desenvolvido pela ESALQ/USP e financiado pela FAPESP), em Piracicaba, SP (Balsalobre, 2002). As amostras foram coletadas ao longo de um ano e o manejo adotado das pastagens foi o sistema rotacionado, o qual tinha período de ocupação de cada piquete de 3 dias e descanso de 33 dias. A adubação era de 80 kg/ha de nitrogênio em cada ciclo de pastejo. O primeiro e o último ciclos de pastejo ocorreram em outubro de 1999 e outubro de 2000, respectivamente.

Os maiores teores de FDN e FDA foram observados durante a primavera e verão, enquanto que os menores foram nos meses de agosto e setembro. Os teores de lignina, no entanto, apresentaram tendências diferentes. Nos ciclos de pastejo iniciais (verão) os teores foram menores em relação aos ciclos 6, 7, 8 e 9 (primavera). Assim, as plantas que apresentaram os menores teores de FDN apresentaram os maiores teores de lignina. Isso pode ser evidenciado quando se observa o comportamento da fração C. Essa fração corresponde à parte indisponível do total de carboidratos da planta (CT) (Sniffen et al., 1992).

Tabela 4. Teor de FDN, FDA e lignina em % da matéria seca de amostras de pastejo simulado de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.), médias de três níveis de resíduo pós-pastejo (Baixo, Médio e Alto) ao longo de 10 ciclos de pastejo.

| Ciclos de pastejo (datas) | FDN | ε ¹ FDN | FDA | ε FDA | Lignina | ε Lignina |
|---------------------------|---------------------|--------------------|----------------------|--------|----------------------|-----------|
| 1 (29/10 – 04/12) | 68,33 ^a | ± 0,61 | 33,22 ^{abc} | ± 0,46 | 3,10 ^f | ± 0,12 |
| 2 (04/12 – 09/11) | 66,15 ^{ab} | ± 1,26 | 33,18 ^{abc} | ± 0,70 | 3,34 ^{ef} | ± 0,12 |
| 3 (09/01 – 14/02) | 67,30 ^a | ± 1,59 | 34,89 ^a | ± 0,67 | 3,80 ^{cde} | ± 0,18 |
| 4 (14/02 – 21/03) | 66,29 ^{ab} | ± 0,63 | 34,82 ^{ab} | ± 0,35 | 3,44 ^{de} | ± 0,13 |
| 5 (21/03 – 26/04) | 65,60 ^{ab} | ± 1,26 | 34,31 ^{ab} | ± 0,62 | 3,87 ^{bode} | ± 0,17 |
| 6 (26/04 – 02/06) | 64,50 ^{ab} | ± 1,01 | 34,56 ^{ab} | ± 0,60 | 4,10 ^{abcd} | ± 0,30 |
| 7 (02/06 – 08/07) | 65,48 ^{ab} | ± 1,69 | 34,25 ^{ab} | ± 0,94 | 4,68 ^a | ± 0,20 |
| 8 (08/07 – 13/08) | 63,26 ^b | ± 1,36 | 32,52 ^b | ± 0,79 | 4,57 ^{ab} | ± 0,25 |
| 9 (13/08 – 18/09) | 62,79 ^b | ± 0,98 | 32,65 ^b | ± 0,57 | 4,22 ^{abc} | ± 0,13 |
| 10 (18/09 – 24/10) | 64,52 ^{ab} | ± 0,72 | 34,63 ^{ab} | ± 0,34 | 3,85 ^{bode} | ± 0,35 |

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P > 0,05).

¹ ε - erro padrão da média.

Balsalobre (2002).

A fração C foi menor no ciclo de pastejo 1 (14,14% CT) e os maiores valores para a fração C foram encontrados para os ciclos 7 e 8 (23,80 e 23,21% CT, respectivamente). De modo geral, as amostras representativas dos meses de inverno apresentaram maiores teores de carboidratos indisponíveis que as amostras de verão (Figura 2).

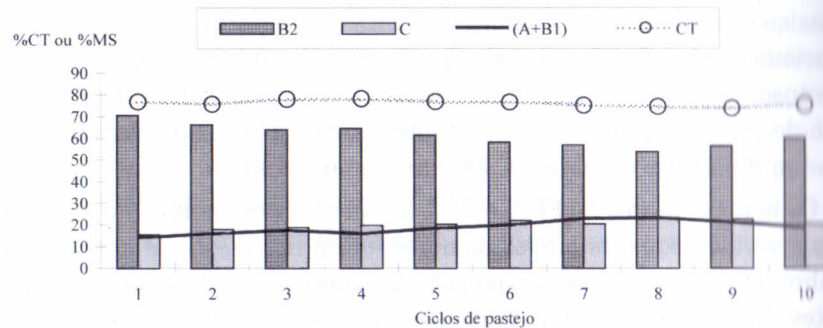


Figura 2. Composição dos carboidratos (B2, C e A+B1) em % dos carboidratos totais e dos carboidratos totais (CT) em % da matéria seca de amostras de pastejo simulado de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) por 1 ano ao longo de 10 ciclos de pastejo. Balsalobre (2002).

A pior qualidade da fração carboidrato após o mês de maio (ciclo 6) pode ser explicada pelo florescimento das plantas. Ao longo do ano vários períodos de florescimento foram observados e visualmente o maior foi no mês de abril (pastejo 5) (Santos, 2002). No entanto, no mês de junho (pastejo 7), outros perfilhos floresceram. Assim, por ter havido acúmulo de perfilhos florescidos em momentos diferentes, associado à redução na renovação de tecidos (Penati, 2002), os perfilhos sobreviveram por mais tempo, o que provocou maior lignificação e maior teor da fração C nesses meses (julho/agosto).

O NDT teve variação entre 55,26 e 59,31%. O menor valor foi para o ciclo de pastejo 7, que coincide com o maior acúmulo de perfilhos florescidos (observação visual). Já os maiores teores de NDT (% MS) foram para os pastejos correspondentes aos períodos de primavera e verão (Figura 3).

O teor de PB teve tendência de aumento ao longo dos ciclos de pastejos (Figura 3). O menores valores, em torno de 11,50% MS, foram obtidos nos primeiros 5 ciclos de pastejo, enquanto que o maior valor foi para o último pastejo, 14,61% MS. O aumento do valor da proteína ao longo dos

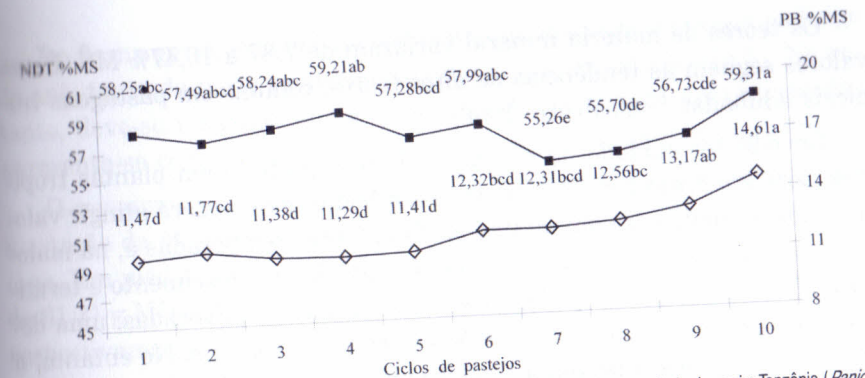


Figura 3. Teor de NDT (v) e proteína (o) em % da matéria seca de amostras de pastejo simulado de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.), ao longo de 10 ciclos de pastejo. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). Balsalobre (2002).

ciclos de pastejo foi devido ao manejo da adubação nitrogenada. Em virtude de se tentar isolar o fator irrigação na produção da forragem, a quantidade de nitrogênio aplicada em cada ciclo de pastejo (80 kg N/ha) foi a mesma.

Nos ciclos de pastejo de inverno a produção forrageira foi em torno de 50% da produção de verão (Penati, 2002). Portanto, pode-se concluir que, com mais nitrogênio no sistema, houve consumo de luxo desse nutriente e o teor protéico aumentou.

O provável consumo de luxo pela forragem durante os últimos ciclos de pastejo é evidenciado também pelo aumento nos teores de NnP (nitrogênio não protéico) e Nsol (nitrogênio solúvel). Os teores de NnP (fração A) variaram de 18,23 a 28,77% da PB e a fração B1 teve variação entre 3,92 e 8,03% da PB. A fração B2 (proteína de degradação lenta no rúmen) apresentou variação de teores entre 14,96 e 25,16% PB (Figura 4).

A parte da proteína ligada à parede celular, nFDN e nFDA (frações B3 e C) não teve grande variação. O teor de nFDN foi estável ao longo do ano; em média, 49,11% PB. Para o nFDA os valores estiveram entre 6,48 e 11,94% PB.

A fração B3 (subtração do nFDN pelo nFDA) representa a proteína de maior proporção na planta. É a proteína aderida à parede celular com potencial para ser degradada, no entanto, com baixa taxa de degradação. Em média, a fração B3 foi de 40% PB.

Os teores de matéria mineral variaram de 7,87 a 10,47% MS. Esses valores seguem as tendências de altos teores, comuns em pastagens tropicais adubadas (Balsalobre, 1996).

Deve-se ter cuidado na avaliação do teor protéico em plantas tropicais, pois, em áreas bem manejadas e adubadas, esse poderá atingir valores altos, semelhantes até mesmo ao das plantas temperadas e, na maioria das vezes, maior que a exigência de animais em crescimento e terminação (NRC, 1996). Isso poderá levar a conclusões equivocadas: uma delas é que exista proteína em excesso em plantas tropicais. No entanto, a digestibilidade dessa proteína é relativamente baixa (Tabela 5).

A alta proporção de proteína solúvel (fração A + B1) pode promover grandes perdas de nitrogênio via amônia, que pode ser reciclada para o rúmen; no entanto, uma grande parte é metabolizada e retirada do organismo (custo uréia).

A fração B3, como possui lenta taxa de degradação, apresenta baixas degradações (Quadro 5). Desse modo, as frações que representam cerca de 70% da proteína do capim Tanzânia (A, B3 e C) possuem problemas de utilização pelos ruminantes. Isso significa que, apesar dos altos teores de proteína nessas pastagens, poderá, em algum momento após o consumo da forragem pelos animais, haver déficit ruminal de proteína.

Por outro lado, o efeito negativo da lignina, observado pelos altos teores da fração C dos carboidratos, reduz significativamente a disponibilidade de energia das plantas tropicais para o ruminante. Entretanto, deve-se levar em consideração os bons teores da fração A + B1 dos carboidratos (em torno de 20% CT), que, mesmo não tendo valores adequados em relação à fração A da proteína, poderão levar a um bom aproveitamento dessa fração protéica.

Tabela 5. Digestibilidade no rúmen da matéria seca, da FDN, da FDA, da PB e da porção da proteína aderida à parede celular para taxa de passagem de 2%/h de Tanzânia irrigado.

| Época | Digestibilidade (%) | | | | |
|-----------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | MS | FDN | FDA | PB | nFDN |
| Verão | 61,93 ^a | 60,87 ^a | 61,44 ^a | 76,87 ^a | 58,00 ^a |
| Outono | 58,60 ^b | 56,00 ^b | 53,10 ^b | 71,87 ^b | 45,10 ^b |
| Primavera | 58,30 ^b | 51,40 ^b | 54,57 ^b | 68,08 ^c | 47,50 ^b |

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). Balsalobre (2002).

De forma geral, existem variações na qualidade da forragem ao longo do ano, tanto da parte protéica como dos carboidratos (Tabela 5). No entanto, deve-se ressaltar que a qualidade da planta em áreas irrigadas apresenta-se com menores alterações que em pastagens de sequeiro.

O consumo do Tanzânia por animais Nelore castrados foi menor para a estação da primavera quando comparado aos consumos de verão e outono. Em média, durante a primavera o consumo de capim Tanzânia foi de 61,31 g MO/kgPM, enquanto que, para o período de verão e outono foi, respectivamente, de 77,10 e 75,20 g MO/kgPM (Tabela 6).

Tabela 6. Consumo de capim Tanzânia irrigado em g MO/kgPM para animais Nelore em crescimento em três estações do ano (verão, outono e primavera).

| Período | Consumo (g MO/kgPM) |
|-----------|---------------------|
| Verão | 77,10 ^A |
| Outono | 75,20 ^A |
| Primavera | 61,31 ^B |

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). Balsalobre (2002).

Os consumos obtidos, associados à qualidade nutricional da forragem, permitiram ganhos entre 300 e 700 g/cabeça.dia (Penati, 2002). A simulação dessas dietas no programa de Cornell indicou ganhos de peso da ordem de 450 a 650 g/cabeça.dia

Na busca por alternativas que propiciem melhor desempenho dos animais em áreas irrigadas, têm sido amplamente divulgadas as vantagens da utilização de dois grupos de animais no pastejo. Algumas informações, no entanto, precisam ser mais bem esclarecidas. Neste método de pastejo, um grupo de animais deve entrar primeiro no piquete, permanecendo um curto período. Depois um segundo grupo é levado à área para realizar o pastejo de repasse. Com isso, procura-se favorecer o grupo que faz o "pastejo de ponta", proporcionando-lhe dieta de melhor qualidade e, conseqüentemente, desempenho melhor.

Na Tabela 7, pode-se observar os resultados de um experimento em que foi comparado o uso de um ou dois grupos de animais durante o pastejo (Holliman, 1986). De acordo com os resultados, quando são utilizados dois grupos de animais o desempenho daqueles que fazem o pastejo

de ponta é superior ao dos demais. No entanto, quando se calcula a média de ganho de peso dos dois grupos, verifica-se que esta é semelhante ao desempenho médio dos animais em um único grupo.

Tabela 7. Ganho de peso e produção animal por área em áreas sob pastejo rotacionado com um ou dois grupos de animais.

| Parâmetro | 1 grupo de animais | 2 grupos de animais | | |
|---------------------------|--------------------|---------------------|----------|-------|
| | | 1º grupo | 2º grupo | Média |
| Ganho de peso (g/dia) | 0,481 | 0,608 | 0,365 | 0,486 |
| Produção por área (kg/ha) | 167,0 | 107,1 | 64,8 | 153,4 |

Fonte: Holliman (1986).

O uso de dois grupos de pastejo, portanto, só é interessante quando há, na propriedade, grupos de animais com exigências nutricionais diferentes. Este método de pastejo é comum, por exemplo, em sistemas intensivos de produção de leite a pasto. Nestes casos, as vacas em lactação fazem o pastejo de ponta e as vacas secas e/ou novilhas fazem o repasse. Em casos esporádicos, pode-se adotar o pastejo de ponta em uma fazenda de bovinos de corte, quando se deseja terminar um lote de animais mais rapidamente para eventual aproveitamento de preço da carne em determinado período.

3.3. Eficiência de uso da forragem com altas massas de forragem

De modo geral, um pasto bem manejado é aquele em que se consegue colher elevadas quantidades de forragem de boa qualidade. Para se atingir esse objetivo, é necessário aliar elevadas produções a um baixo nível de perdas de matéria seca, não se esquecendo que o pasto deve ser colhido com bom valor nutritivo. No caso de áreas irrigadas, o controle das perdas torna-se ainda mais importante, principalmente devido ao maior custo de produção da forragem.

Dados do Projeto CAPIM mostram que a eficiência de pastejo em áreas de Tanzânia irrigado pode variar de 47 a 75% (Penati, 2002). As perdas de forragem em um sistema de pastejo podem ser decorrentes tanto da senescência de tecidos vegetais quanto da ação do trânsito dos animais sobre a planta.

A redução das perdas devido à senescência de tecidos vegetais tem sido amplamente estudada e pode ser atingida através de ajustes na frequência e na intensidade de pastejo (Nabinger, 1999; Gomide & Gomide, 2002; Pedreira et al., 2002). Já o controle das perdas devido ao trânsito e pisoteio dos animais tem sido menos investigado. No Projeto CAPIM, Penati (2002) observou, em áreas de Tanzânia irrigado, perdas entre 14 e 27% da forragem devido ao pisoteio.

O nível de perdas devido ao pisoteio parece estar relacionado à produção de forragem e à altura do capim e de suas hastes. Quadros et al. (2002), por exemplo, relatam perdas por pisoteio de até 14,5% e 12,6% do total de matéria seca verde presente antes do pastejo em áreas de Mombaça e de Tanzânia, respectivamente. Neste experimento, os autores observaram correlação positiva entre nível de adubação, produção e perda de forragem por pisoteio. Hillesheim (1987) determinou que se perdiam 49,35 kg/ha de matéria seca para cada centímetro de aumento na altura do meristema apical do capim elefante.

Os dados apresentados mostram a importância de se buscar a redução do nível de perdas por pisoteio em áreas irrigadas. Uma alternativa, principalmente no caso de plantas cespitosas talvez seja o controle do desenvolvimento das hastes. Entretanto, deve-se concluir que as informações disponíveis atualmente ainda não são suficientes para que se tenha o completo domínio do manejo de pastagens no sentido de maior aproveitamento da forragem produzida, existindo uma correlação positiva entre produção de matéria seca e perdas.

3.4. Planejamento de sistemas irrigados

Devido à limitação climática (temperatura e luminosidade) as pastagens irrigadas podem piorar o efeito da sazonalidade de produção forrageira. O diferencial de resposta da produção de matéria seca à irrigação entre os períodos de verão e inverno é determinado, principalmente, pela latitude do local.

Com o auxílio de um modelo de predição baseado no parâmetro unidade fototérmica (Villa Nova et al., 1983), foi definida a lotação média de cada localidade e a distribuição da lotação entre verão e inverno (Tabela 8).

Tabela 8. Potencial de lotação animal em pastagens irrigadas para o verão e inverno para cinco localidades, com adubação de 500 a 600 kg/ha.ano de nitrogênio.

| Localidade | Latitude (°) | Lotação (UA/ha) | | |
|--------------------|--------------|-----------------|-------|---------|
| | | Média | Verão | Inverno |
| Piracicaba, SP | 22,71 | 5,25 | 7,16 | 3,34 |
| Campo Grande, MS | 20,27 | 4,68 | 6,27 | 2,91 |
| Aragarças, GO | 15,54 | 6,13 | 6,95 | 5,31 |
| Porto Nacional, TO | 10,43 | 7,11 | 7,79 | 6,41 |
| Marabá, PA | 5,21 | 7,61 | 7,67 | 7,55 |

A introdução de irrigação em 10% da área total de uma propriedade de 1000 ha poderá, no período de inverno, provocar déficits na capacidade de lotação da fazenda (Tabela 9). Os déficits de capacidade de suporte serão maiores nas maiores latitudes; assim, nas proximidades da linha do equador os déficits serão menores.

Tabela 9. Potencial de lotação de verão e inverno em cinco regiões com a introdução de 100 ha de área irrigada em 1.000 ha de área total.

| Localidade | Latitude (°) | Verão (UA/ha) | Inverno (UA/ha) | Déficit (UA) |
|--------------------|--------------|---------------|-----------------|--------------|
| Piracicaba, SP | 22,71 | 1,62 | 1,24 | 382 |
| Campo Grande, MS | 20,27 | 1,53 | 1,19 | 336 |
| Aragarças, GO | 15,54 | 1,60 | 1,43 | 164 |
| Porto Nacional, TO | 10,43 | 1,68 | 1,54 | 138 |
| Marabá, PA | 5,21 | 1,67 | 1,66 | 12 |

* A lotação inicial das áreas não irrigada e não adubada é de 1 UA/ha no verão e inverno.

O planejamento da forma como será utilizado o restante da fazenda permitirá o equilíbrio entre a lotação de verão e inverno. O diferimento de pastagens e o confinamento são as técnicas mais adotadas para que se tenha maior oferta de forragem no inverno.

A Tabela 10 apresenta a necessidade de áreas para cada setor de produção: pastagens não adubadas, pastagens adubadas no verão, pastagens diferidas, pastagens irrigadas e confinamento, para 3 níveis de lotação média no ano (1,70, 2,00 e 2,75 UA/ha) e para 5 localidades (Piracicaba, Campo Grande, Aragarças, Porto Nacional e Marabá).

Cabe ressaltar que lotações de até 2,70 UA/ha (média do ano) ou maiores evidentemente podem ser conseguidas sem a introdução de ir-

Tabela 10. Necessidade de áreas para cada setor de produção para 3 lotações médias do ano e para cinco localidades com 10% da área irrigada em área total de 1000 ha.

| Setores de produção | 1,70 UA/ha | 2,00 UA/ha | | 2,75 UA/ha | |
|---------------------|------------|------------|-----|------------|--|
| | | | | | |
| Piracicaba | | | | | |
| Não adubado (ha) | 490 | 185 | 108 | | |
| Irrigado (ha) | 100 | 100 | 100 | | |
| Adubado verão (ha) | 40 | 125 | 300 | | |
| Diferido (ha) | 70 | 590 | 460 | | |
| Confinamento (ha) | 0 | 0 | 32 | | |
| Campo Grande | | | | | |
| Não adubado (ha) | 430 | 140 | 10 | | |
| Irrigado (ha) | 100 | 100 | 100 | | |
| Adubado verão (ha) | 65 | 150 | 330 | | |
| Diferido (ha) | 405 | 610 | 530 | | |
| Confinamento (ha) | 0 | 0 | 30 | | |
| Aragarças | | | | | |
| Não adubado (ha) | 654 | 358 | 0 | | |
| Irrigado (ha) | 100 | 100 | 100 | | |
| Adubado verão (ha) | 36 | 122 | 320 | | |
| Diferido (ha) | 210 | 420 | 560 | | |
| Confinamento (ha) | 0 | 0 | 20 | | |
| Porto Nacional | | | | | |
| Não adubado (ha) | 745 | 450 | 0 | | |
| Irrigado (ha) | 100 | 100 | 100 | | |
| Adubado verão (ha) | 15 | 100 | 290 | | |
| Diferido (ha) | 140 | 350 | 597 | | |
| Confinamento (ha) | 0 | 0 | 13 | | |
| Marabá | | | | | |
| Não adubado (ha) | 855 | 555 | 12 | | |
| Irrigado (ha) | 100 | 100 | 100 | | |
| Adubado verão (ha) | 10 | 95 | 290 | | |
| Diferido (ha) | 35 | 250 | 590 | | |
| Confinamento (ha) | 0 | 0 | 8 | | |

* Para os cálculos foram consideradas lotações de 1 UA/ha em média no ano nas áreas não adubadas; 0,80 e 2,20 UA/ha nas áreas de diferimento, respectivamente para verão e inverno e, para a área adubada, 5,00 e 1,50 UA/ha, respectivamente para verão e inverno. Para as áreas irrigadas as lotações são as que constam da Tabela 8.

rigação de pastagens. A Tabela 11 apresenta a distribuição dos setores de produção para áreas não irrigadas para três lotações (1,70, 2,00 e 2,75 UA/ha).

Para o planejamento dos sistemas descritos na Tabela 11 priorizou-se o uso de diferimento de pastagens em detrimento do aumento de confinamento. Entretanto, grandes proporções de áreas diferidas dentro de uma fazenda podem não ser viáveis. O tempo para se realizar a adubação

das áreas a serem diferidas é relativamente pequeno, em torno de 30 dias. A possibilidade de ocorrência de geadas pode limitar o uso do diferimento em determinadas regiões. Áreas adubadas para diferimento, em épocas de grande potencial de crescimento da planta, podem provocar baixo aproveitamento da forragem devido ao acamamento no momento do pastejo. Nesses casos o confinamento deve ser adotado. A avaliação econômica de cada sistema de produção será feita no item 4.

Tabela 11. Necessidade de áreas para cada setor de produção para 3 lotações médias do ano, sem irrigação.

| Setores de produção | 1,70 UA/ha | 2,00 UA/ha | 2,75 UA/ha |
|---------------------|------------|------------|------------|
| Não adubado (ha) | 300 | 0 | 0 |
| Irrigado (ha) | 0 | 0 | 0 |
| Adubado verão (ha) | 200 | 285 | 460 |
| Diferido (ha) | 500 | 715 | 504 |
| Confinamento (ha) | 0 | 0 | 36 |

4. ANÁLISE ECONÔMICA

A viabilidade econômica do uso da irrigação de pastagens para a produção de bovinos de corte é determinada por um conjunto de variáveis dentre as quais algumas são particularmente importantes, como: o clima, a relação entre os preços de compra e venda de animais e o manejo do pastejo. Com o objetivo de quantificar o impacto dessas variáveis sobre resultados produtivos e econômicos, foram efetuadas simulações de viabilidade econômica para 17 municípios (Tabela 12), que caracterizam microrregiões com potenciais distintos de resposta à irrigação de pastagens.

As simulações consideraram a recria de bovinos de corte em 102,95 ha de pastagens irrigadas por aspersão via pivô central. O modelo gerado para a análise é composto dos seguintes submodelos:

- *Acúmulo de forragem:* a estimativa do acúmulo de forragem em cada região do País foi obtida por um modelo de previsão baseado no parâmetro unidade fototérmica definido por Villa Nova et al. (1983). Esse parâmetro agrega os efeitos de temperatura e fotoperíodo (número de horas diárias de luz), que são sabidamente determinantes

do acúmulo de forragem. Os dados climáticos utilizados para cada região foram dados normais (médias de 30 anos) obtidos em DNMET (1992).

- *Custos de produção do sistema:* os componentes dos custos de produção considerados foram baseados na proposta de Maya (2003). Nos custos variáveis foram incluídas, dentre outros componentes, as despesas com aquisição de animais. Nos custos fixos foram consideradas todas as depreciações e os juros sobre o capital investido em ativos de longa duração, inclusive os juros sobre o capital investido em terra. Alguns componentes dos custos foram regionalizados, buscando maior aproximação dos preços praticados nas diferentes regiões estudadas. As considerações quanto aos componentes regionalizados são apresentadas a seguir:
 - *Custo de aquisição dos animais:* foram consideradas nas análises as médias das cotações do garrote entre 1995 e 2002, deflacionadas com base no IGP-DI para o ano de 2001, em cada uma das regiões. O número de animais adquiridos foi calculado com base na taxa de lotação potencial estimada para cada região. Foi considerada a compra dos animais no mês de outubro.
 - *Preço de venda dos animais:* de maneira semelhante ao custo de aquisição dos animais, foram consideradas nas análises as médias das cotações do boi magro entre 1995 e 2002, deflacionadas com base no IGP-DI para o ano de 2002, em cada uma das regiões. O modelo considerou a venda em duas épocas distintas: em março, venda do excedente de animais em relação à capacidade de suporte das pastagens no período seco; e, em setembro, venda dos animais que permaneceram durante o período seco nas pastagens.
 - *Custos do fertilizante nitrogenado:* foram consideradas as cotações para cada uma das regiões, obtidas em publicações especializadas referentes ao ano de 2001. A quantidade de fertilizante aplicada foi calculada em função da taxa de lotação potencial para cada região.
 - *Custo de energia elétrica:* os custos relativos à energia elétrica foram calculados em função da lâmina mensal necessária para suprir o déficit hídrico de cada uma das regiões do País estudadas. O déficit hídrico normal (média de 30 anos) de cada região foi

obtido em Sentelhas et al. (1999). A estimativa do custo de energia elétrica foi calculada com base na equação proposta por Franke & Dorfman (1998).

– *Custo de oportunidade da terra:* para o Estado de São Paulo foi considerado como custo de oportunidade da terra o arrendamento para a produção de cana-de-açúcar, com o pagamento em espécie de 12,4 t/ha por ano. Para as demais regiões, foi considerado como custo de oportunidade da terra o arrendamento para a produção de soja, com o pagamento de 3,67 sacas por ano (22 sacas por ciclo de 6 anos). As cotações consideradas para a conversão do custo de oportunidade da terra em valores monetários foram as praticadas no ano de 2001, sendo que, tanto no caso do arrendamento para cana, quanto no arrendamento para soja, as cotações foram diferenciadas para cada região estudada.

- *Resultados produtivos:* agrega os resultados de produtividade, taxa de lotação e desempenho animal considerados na análise.
- *Resultados econômicos:* apresenta os resultados de indicadores de viabilidade econômica, calculados com base nos submodelos de custos de produção e resultados produtivos.

No modelo, todos os custos foram considerados constantes no tempo, de modo que foi desconsiderado o efeito da inflação sobre os preços. Dessa forma os indicadores de viabilidade econômica calculados são valores reais e não nominais, devendo assim ser comparados com o custo de oportunidade do capital também real.

O clima é normalmente apontado como o principal fator determinante da viabilidade econômica da irrigação de pastagens. De fato, esse é um fator importante, muito embora seu impacto sobre a viabilidade econômica da irrigação seja superestimado. Dentre as variáveis climáticas relevantes na definição do potencial de resposta à irrigação podem ser destacadas: a temperatura (função de latitude e altitude); o fotoperíodo (função de latitude); e a intensidade e distribuição das precipitações, que determinam a intensidade e duração dos períodos de déficit hídrico. Enquanto as primeiras variáveis definem o potencial de taxa de lotação do sistema, a última variável determina os custos com energia elétrica.

O efeito da temperatura e do fotoperíodo sobre o potencial de resposta à irrigação de pastagens pode ser verificado nos resultados de taxas de

lotação obtidos pelo modelo para as diferentes regiões estudadas (Tabela 12). Na comparação entre as taxas de lotação de Aragarças, GO, e Formosa, GO, verifica-se que regiões com latitudes próximas e, conseqüentemente, com fotoperíodos também semelhantes, podem apresentar taxas de lotação potenciais bem diferentes, em decorrência de diferentes temperaturas médias.

Tabela 12. Temperatura média anual (°C), latitude (°) e taxa de lotação potencial (UA/ha) para cada uma das regiões analisadas.

| Região | Temp. média (°C) | Latitude (°) | Taxa de lotação (UA/ha) |
|-----------------------------|------------------|--------------|-------------------------|
| Piracicaba, SP | 21,9 | 22,72 | 5,2 |
| Franca, SP | 21,7 | 20,33 | 5,0 |
| Uberaba, MG | 21,9 | 19,45 | 5,4 |
| Montes Claros, MG | 22,4 | 16,43 | 5,7 |
| Cachoeira de Itapemirim, ES | 23,7 | 20,51 | 5,2 |
| São Mateus, ES | 23,8 | 18,42 | 5,6 |
| Três Lagoas, MS | 23,8 | 20,47 | 5,0 |
| Coxim, MS | 24,5 | 18,30 | 5,3 |
| Aragarças, GO | 24,8 | 15,54 | 6,1 |
| Formosa, GO | 21,5 | 15,32 | 5,1 |
| Posse, GO | 23,4 | 14,06 | 7,1 |
| Cuiabá, MT | 25,6 | 15,33 | 6,1 |
| Barreiras, BA | 24,5 | 12,09 | 6,4 |
| Imperatriz, MA | 26,5 | 5,32 | 7,2 |
| Porto Nacional, TO | 26,1 | 10,43 | 7,1 |
| Conceição do Araguaia, PA | 25,7 | 8,15 | 5,7 |
| Marabá, PA | 26,2 | 5,21 | 7,6 |

A intensidade e distribuição das precipitações define a intensidade e duração do período de déficit hídrico e, em conseqüência, os custos relativos à energia elétrica. Três Lagoas, MS, e Cuiabá, MT, embora apresentem precipitação da ordem de 1.300 mm anuais, apresentam distribuição de precipitação bem diferente, a primeira com quatro meses de seca e a segunda com seis meses. Isso acarreta um custo de energia elétrica 93% superior para Cuiabá. Embora o custo relativo à energia elétrica não seja o principal componente dos custos de produção, em regiões com seca prolongada esse item cresce bastante em importância.

O manejo do pastejo pode definir variações nos componentes taxa de lotação e desempenho animal, que definem a produtividade do sistema. Com o uso de análise de sensibilidade e técnicas de otimização, foram

obtidas as taxas de lotação necessárias para a viabilização econômica da irrigação de pastagens nas diferentes regiões, dessa forma definindo-se o ponto crítico ("switching value") para essa variável (Noronha, 1981). O indicador de viabilidade econômica utilizado na análise foi o valor presente líquido, entendido como a diferença entre o valor de mercado de um investimento e seu custo, levando em consideração o custo de oportunidade do capital (6% a.a. na análise). A taxa de ganho de peso utilizada nas simulações, 0,492 kg GPD, baseou-se nos resultados de Maya (2003), obtidos em pastagens de Tanzânia irrigadas.

Tabela 13. Ponto crítico para a variável taxa de lotação nas diferentes regiões estudadas, considerando taxa de ganho de peso de 0,492 kg GPD.

| Região | Ponto crítico da taxa de lotação (UA/ha) |
|-----------------------------|--|
| Piracicaba, SP | Inviável ¹ |
| Franca, SP | Inviável ¹ |
| Uberaba, MG | 5,1 |
| Montes Claros, MG | 5,5 |
| Cachoeiro de Itapemirim, ES | 5,0 |
| São Mateus, ES | 5,3 |
| Três Lagoas, MS | 4,5 |
| Coxim, MS | 4,6 |
| Aragarças, GO | Inviável ¹ |
| Formosa, GO | Inviável ¹ |
| Posse, GO | Inviável ¹ |
| Cuiabá, MT | Inviável ¹ |
| Barreiras, BA | 6,1 |
| Imperatriz, MA | Inviável ¹ |
| Porto Nacional, TO | Inviável ¹ |
| Conceição do Araguaia, PA | Inviável ¹ |
| Marabá, PA | Inviável ¹ |

¹ A otimização não atende as restrições de taxas de lotação potencial geradas pelo modelo.

Na comparação entre os resultados de Três Lagoas e Uberaba, verifica-se que, embora a primeira apresente condição climática menos favorável à irrigação de pastagens, a relação mais favorável entre os preços de compra e venda dos animais determina um ponto crítico para taxa de lotação inferior ao verificado em Uberaba. Relações de troca ruins inviabilizam o uso da irrigação em regiões com taxas de lotação potencial elevadas como Imperatriz, Porto Nacional e Marabá. Em níveis de produtividade elevados, como os verificados em pastagens irrigadas, os princi-

pais responsáveis pelas variações no resultado econômico são o custo de aquisição de animais de reposição e o preço de venda, como atestam os resultados de análise de risco efetuada por Maya (2003).

Considerando uma taxa de lotação igual à taxa de lotação potencial, foi determinado o ponto crítico para o desempenho animal em cada região (Tabela 14). Trabalhos recentes em pastagens irrigadas obtiveram resultados de taxas de ganho de peso entre 0,492 e 0,541 kg GPD (Penati, 2002; Maya, 2003), o que permite concluir que existe potencial para viabilização da irrigação de pastagens em grande parte das regiões estudadas.

Tabela 14. Ponto crítico para a variável taxa de ganho de peso, considerando a taxa de lotação igual à potencial de cada região.

| Região | Ponto crítico da taxa de ganho de peso (UA/ha) |
|-----------------------------|--|
| Piracicaba, SP | 0,524 |
| Franca, SP | 0,574 |
| Uberaba, MG | 0,371 |
| Montes Claros, MG | 0,370 |
| Cachoeiro de Itapemirim, ES | 0,374 |
| São Mateus, ES | 0,386 |
| Três Lagoas, MS | 0,338 |
| Coxim, MS | 0,391 |
| Aragarças, GO | 0,535 |
| Formosa, GO | 0,563 |
| Posse, GO | 0,505 |
| Cuiabá, MT | 0,640 |
| Barreiras, BA | 0,402 |
| Imperatriz, MA | 0,686 |
| Porto Nacional, TO | 0,696 |
| Conceição do Araguaia, PA | 0,726 |
| Marabá, PA | 0,662 |

Buscando determinar os resultados de custo por arroba total, lucro líquido e taxa interna de retorno, foram então efetuadas simulações considerando taxas de lotação iguais às potenciais geradas pelo modelo e taxa de ganho de peso de 0,541 kg GPD (Tabela 15).

Uma vez definida a viabilidade econômica dos sistemas de pastagens irrigadas, deve-se avaliar sua viabilidade dentro do sistema de produção; em outras palavras, deve-se avaliar se o investimento em irrigação é prio-

Tabela 15. Custo por arroba total (R\$/@), lucro líquido (R\$) e taxa interna de retorno (%) para cada uma das regiões analisadas.

| Região | Custo por arroba total ¹ (R\$/@) | Lucro líquido (R\$/ha) | TIR (%) |
|-----------------------------|---|------------------------|---------|
| Piracicaba, SP | 45,10 | 454,29 | 7,9 |
| Franca, SP | 47,03 | 208,82 | 2,3 |
| Uberaba, MG | 44,52 | 809,44 | 15,0 |
| Montes Claros, MG | 41,26 | 786,41 | 14,9 |
| Cachoeiro de Itapemirim, ES | 41,71 | 724,88 | 14,1 |
| São Mateus, ES | 40,73 | 763,98 | 14,9 |
| Três Lagoas, MS | 41,51 | 704,32 | 13,6 |
| Coxim, MS | 40,87 | 687,52 | 13,2 |
| Aragarças, GO | 40,46 | 385,38 | 6,4 |
| Formosa, GO | 41,46 | 296,11 | 4,7 |
| Posse, GO | 39,28 | 528,60 | 9,2 |
| Cuiabá, MT | 42,06 | 62,97 | -1,2 |
| Barreiras, BA | 40,42 | 812,31 | 15,1 |
| Imperatriz, MA | 39,70 | -179,35 | -7,0 |
| Porto Nacional, TO | 39,44 | -169,14 | -6,8 |
| Conceição do Araguaia, PA | 40,29 | -213,46 | -9,1 |
| Marabá, PA | 38,91 | -135,03 | -5,9 |

¹ Razão entre os custos totais, incluídos os custos com aquisição de animais, e o número de arrobas vendidas.

ritário em relação ao uso de outras técnicas como confinamento e diferimento de pastagens.

Diante da Tabela 16 é possível verificar que o número de arrobas produzidas é sempre maior quando se tem irrigação, considerando-se a mesma lotação animal. Entretanto, o custo da arroba produzida é sempre maior quando estão inseridas as áreas irrigadas, o que provoca menor lucro líquido por área e menor lucro sobre o patrimônio investido. Por outro lado, com maior valor de venda da arroba, os sistemas de maior produção, no caso, os irrigados, poderão ser mais rentáveis. Em locais onde o valor da arroba é menor (Marabá e Porto Nacional), os sistemas de maior lotação, mesmo sem irrigação, provocam menores retornos econômicos.

No entanto, sistemas de produção direcionados para altas lotações e onde o valor da carne é maior (Estado de São Paulo), áreas de pastagens irrigadas podem ser mais rentáveis que áreas de sequeiro. Para o mesmo nível tecnológico, em sistemas irrigados as lotações serão maiores (Tabela 17).

Tabela 16. Avaliação de produção animal em 1000 ha (@ produzida) e avaliação econômica (custo da @ e lucro/patrimônio líquido). Os valores de venda da arroba e valores de terra foram diferenciados para cada região.

| Piracicaba Sistema | UA/ha | Irrigação | Custo (R\$/@) | Lucro (R\$/ha) | @ produzidas | Lucro/PL (%) |
|--------------------|-------|-----------|---------------|----------------|--------------|--------------|
| 1 | 1,00 | Não | 42,00 | 108 | 6000 | 2,70 |
| 2 | 1,70 | Não | 44,96 | 167 | 11.097 | 3,59 |
| 3 | 1,70 | Sim | 48,66 | 158 | 13.912 | 3,12 |
| 4 | 2,00 | Não | 45,52 | 192 | 13.272 | 3,88 |
| 5 | 2,00 | Sim | 48,62 | 183 | 16.102 | 3,43 |
| 6 | 2,75 | Não | 48,42 | 220 | 19.024 | 3,91 |
| 7 | 2,75 | Sim | 50,14 | 214 | 21.740 | 3,56 |

| Campo Grande Sistema | UA/ha | Irrigação | R\$/@ | R\$/ha bruto | @ produzidas | Lucro/PL |
|----------------------|-------|-----------|-------|--------------|--------------|----------|
| 1 | 1,00 | Não | 40,00 | 90 | 6000 | 2,63 |
| 2 | 1,70 | Não | 42,96 | 134 | 11.097 | 3,32 |
| 3 | 1,70 | Sim | 46,30 | 119 | 13.628 | 2,68 |
| 4 | 2,00 | Não | 43,52 | 152 | 13.272 | 3,54 |
| 5 | 2,00 | Sim | 46,33 | 137 | 15.770 | 2,91 |
| 6 | 2,70 | Não | 46,80 | 156 | 19.024 | 3,16 |
| 7 | 2,70 | Sim | 48,12 | 148 | 21.468 | 2,77 |

| Aragarças Sistema | UA/ha | Irrigação | R\$/@ | R\$/ha bruto | @ produzidas | Lucro/PL |
|-------------------|-------|-----------|-------|--------------|--------------|----------|
| 1 | 1,00 | Não | 38,00 | 72 | 6000 | 3,06 |
| 2 | 1,70 | Não | 40,96 | 100 | 11.097 | 3,47 |
| 3 | 1,70 | Sim | 45,10 | 71 | 14.436 | 2,15 |
| 4 | 2,00 | Não | 41,52 | 113 | 13.272 | 3,57 |
| 5 | 2,00 | Sim | 45,02 | 83 | 16.612 | 2,33 |
| 6 | 2,70 | Não | 45,18 | 92 | 19.024 | 2,46 |
| 7 | 2,70 | Sim | 46,18 | 86 | 22.393 | 2,08 |

| Porto Nacional Sistema | UA/ha | Irrigação | R\$/@ | R\$/ha bruto | @ produzidas | Lucro/PL |
|------------------------|-------|-----------|-------|--------------|--------------|----------|
| 1 | 1,00 | Não | 36,00 | 54 | 6000 | 3,04 |
| 2 | 1,70 | Não | 38,96 | 67 | 11.097 | 2,96 |
| 3 | 1,70 | Sim | 43,59 | 21 | 15.068 | 0,80 |
| 4 | 2,00 | Não | 39,52 | 73 | 13.272 | 2,91 |
| 5 | 2,00 | Sim | 43,45 | 27 | 17.226 | 0,92 |
| 6 | 2,70 | Não | 43,56 | 27 | 19.024 | 0,91 |
| 7 | 2,70 | Sim | 44,17 | 19 | 22.555 | 0,55 |

| Marabá Sistema | UA/ha | Irrigação | R\$/@ | R\$/ha bruto | @ produzidas | Lucro/PL |
|----------------|-------|-----------|-------|--------------|--------------|----------|
| 1 | 1,00 | Não | 36,00 | 54 | 6000 | 4,24 |
| 2 | 1,70 | Não | 38,96 | 67 | 11.097 | 3,80 |
| 3 | 1,70 | Sim | 43,96 | 16 | 15.285 | 0,74 |
| 4 | 2,13 | Não | 39,52 | 73 | 13.272 | 3,64 |
| 5 | 2,13 | Sim | 43,76 | 22 | 17.460 | 0,90 |
| 6 | 2,70 | Não | 43,56 | 27 | 19.024 | 1,09 |
| 7 | 2,70 | Sim | 44,05 | 22 | 22.706 | 0,74 |

Tabela 17. Distribuição de áreas de produção, lotação animal, produção de carne e patrimônio líquido (do valor de terra de R\$3000,00/ha).

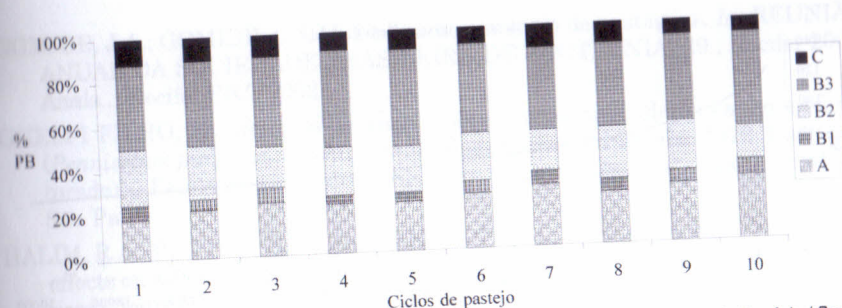
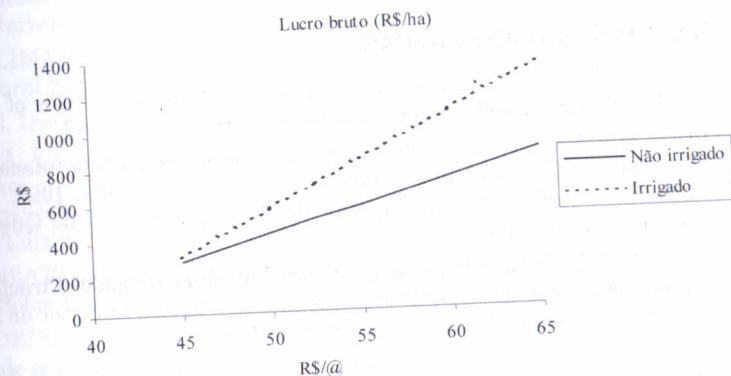
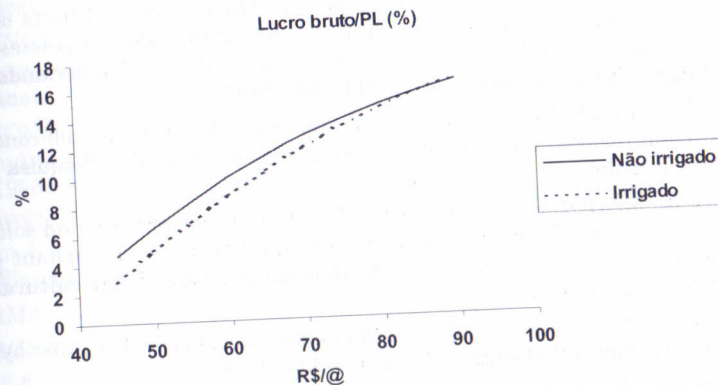
| | Sistema 1 | Sistema 2 |
|--------------------------|--------------|---------------|
| Área adubada (ha) | 877 | |
| Área irrigada (ha) | | 868 |
| Confinamento (ha) | 123 | 132 |
| Lotação (UA/ha) | 4,40 | 6,20 |
| Lotação total (UA) | 4400 | 6200 |
| Arrobas produzidas | 32.843 | 70.675 |
| Patrimônio líquido (R\$) | 7.620.000,00 | 12.280.000,00 |

Embora o ajuste de carga animal deva ser feito com o confinamento, os sistemas irrigados terão lucros brutos (sem juros sobre capital) maiores que os de sequeiro (Figura 5). Entretanto, a análise do lucro em relação ao capital investido será menor para valores atuais da carne (R\$55,00 a R\$60,00/@). À medida que se tenham valores mais altos da carne a tendência é que o retorno sobre o patrimônio passe a ser maior para áreas irrigadas, embora os valores de carne onde os sistemas se equivalerão possam ser considerados muito elevados (R\$85,00/@) (Figura 6).

Outro fator que deve ser analisado em sistemas para alta lotação é o valor da terra. Como o capital investido em terra pode ser o maior investimento em uma fazenda de produção de carne, sistemas direcionados para altas lotações apresentarão maior retorno sobre o patrimônio em terras de alto valor que sistemas de baixa lotação.

A Figura 7 mostra que, para se ter equivalência no lucro sobre o patrimônio entre os sistemas irrigado e de sequeiro para alta lotação, o valor de terra deverá ser de R\$18.500,00 para o preço da carne de R\$60,00/@.

A irrigação de pastagens para a produção de bovinos de corte apresenta viabilidade econômica em diferentes regiões, as quais são caracterizadas por sistemas de produção bem distintos. Apesar disso, diversos projetos de irrigação de pastagens no Brasil Central vêm sendo desativados após frustrações com os resultados produtivos e econômicos. De fato, a análise dos casos de sucesso e fracasso do uso da técnica mostram não ser essa inadequada, mas sim que seu uso é, na maior parte das vezes, equivocado.

**Figura 4.** Proporção das frações proteicas em % da proteína de amostras de pastejo simulado de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) ao longo de 10 ciclos de pastejo. Balsalobre (2002).**Figura 5.** Lucro bruto de sistemas intensivos com irrigação e confinamento (6,20 UA/ha) e de sequeiro e confinamento (4,40 UA/ha) para diferentes valores de carne (R\$/ha).**Figura 6.** Lucro bruto em relação ao patrimônio (%) de sistemas intensivos com irrigação e confinamento (6,20 UA/ha) e de sequeiro e confinamento (4,40 UA/ha) para diferentes valores da terra (R\$/ha).

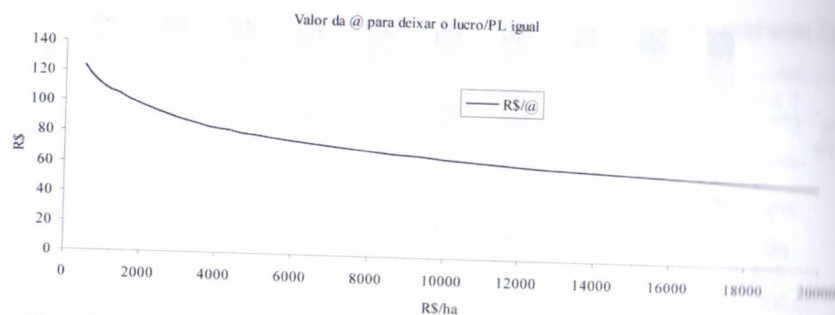


Figura 7. Valor da carne (R\$/@) para que o lucro bruto sobre o patrimônio (%) de sistemas intensivos com irrigação e confinamento (6,20 UA/ha) e de sequeiro e confinamento (4,40 UA/ha) para diferentes valores da terra (R\$/ha).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNOTT, R.A.; RYLE, G.J.A. Leaf surface expansion on the main axes of white and red clovers. *Grass and Forage Science*, v.37, p.227-233, 1982.
- BALSALOBRE, M.A.A. Desempenho de vacas em lactação sob pastejo rotacionado de Capim elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*). Piracicaba, 1996, 139p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- BALSALOBRE, M.A.A. **Valor alimentar do capim Tanzânia irrigado**. Piracicaba, SP: ESALQ, 2002. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo.
- BALSALOBRE, M.A.A.; SANTOS, P.M.; MENDONÇA DE BARROS, A.L. Inovações tecnológicas, investimentos financeiros e gestão de sistemas de produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 19. Anais... Piracicaba, 2002. p.1-30.
- DEINUM, B.; SULASTRI, R.D.; ZEINAB, M.H.J.; MAASSEN, A. Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. *trichoglume*). *Netherlands Journal of Agricultural Science*, v.44, p.111-124, 1996.
- FRANKE, A.E.; DORFMAN, R. Viabilidade econômica da irrigação, sob condições de risco, em regiões de clima subtropical. I. Cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, n. 12, p.2003-2013, 1998.
- FERRARIS, R.; MAHONY, M.J.; WOOD, J.T. Effect of temperature and solar radiation on the development of dry matter and attributes of elephant grass (*Pennisetum purpureum Schum.*). *Australian Journal of Agricultural Research*, v.37, p.621-632, 1986.
- GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C. Regulation of leaf growth of grass by blue light. *Physiologia Plantarum*, v.98, p.424-430, 1996.
- GHELFI FILHO, H. Efeito da irrigação sobre o capim colômbio (*Panicum maximum* Jacq.). In: *O Solo*, ano LXVIII, n.1, p. 12-15, 1978.
- GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. Utilização e manejo de pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., Recife, 2002. Anais... Recife: SBZ, 2002.
- GHELFI FILHO, H. Efeito da irrigação sobre a produtividade do capim elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*) variedade napier. Piracicaba, 1972. Tese (doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo.
- HALIM, R.A.; BUXTON, D.R.; HATTENDORF, M.J.; CARLSON, R.E. Water stress effects on alfalfa forage quality after adjustment for maturity differences. *Agronomy Journal*, v.81, p.189-194, 1989.
- HILLENSHEIM, A. **Fatores que afetam o consumo e perdas de capim elefante (*Pennisetum purpureum, Schum*) sob pastejo**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 1987. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 1987.
- HOLLIMAN, M.C. (Ed.). **Forage-animal Management Systems**. Virginia Agricultural Experiment Station, Bulletin 86-7, 1986.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. www.ibge.gov.br. 2002.
- MAYA, F.L.A. Produtividade e viabilidade econômica da recria e engorda de bovinos em pastagens adubadas intensivamente com e sem o uso da irrigação. Piracicaba, 2003. 83p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MANZATTO, C.V.; FREITAS JÚNIOR, E. de; PERES, J.R.R. **Uso Agrícola dos Solos Brasileiros**. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 2002. 174p.
- MEDEIROS, H.R. de; PEDREIRA, C.G.S.; VILLA NOVA, N.A. Temperatura base de gramíneas forrageiras estimada através do conceito de unidade fototérmica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., Recife, 2002. Anais... Recife: SBZ, 2002.
- MUCHOW, R.C.; CARBERRY, P.S. Phenology and leaf-area development in a tropical grain sorghum. *Field Crops Research*, v.23, p.221-237, 1990.
- NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., Piracicaba, 1999. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1999. p.213-252.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of domestic animals: nutrient requirements of beef cattle**. Washington: National Academy Science. 1996. 245p.
- NOODËN, L.D.; HILLSBERG, W.; SCHNEIDER, M.J. Induction of leaf senescence in *Arabidopsis thaliana* by long days through a light-dosage effect. *Physiologia Plantarum*, v.96, p.491-495, 1996.
- NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1961-1990). Brasília: DNMET, 1992. 84p.
- NORONHA, J.F. **Projetos agropecuários: administração financeira, orçamentação e avaliação econômica**. Piracicaba: FEALQ, 1981. 274p.
- PACIULLO, D.S.C.; MATTOS, J.L.S.; GOMIDE, J.A.; QUEIROZ, D.S.; SILVA, E.A.M. da. Proporção de tecidos espessura da parede celular em espécies de

- braquiária, cultivadas sob diferentes níveis de umidade do solo (compact disc). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., Porto Alegre, 1999. **Anais**. Porto Alegre: SBZ, 1999.
- PEDREIRA, C.G.S.; MELLO, A.C.L. de; OTANI, L. O processo de produção de forragem em pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., Recife, 2002. **Anais...** Recife: SBZ, 2002.
- PENATI, M.A. Estudo do desempenho animal e produção do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) em um sistema rotacionado de pastejo sob irrigação em três níveis de resíduo pós pastejo. Piracicaba. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 2002.
- POSTEL, S.L. Water for food production: will there be enough in 2025? **Bioscience**, v.48, p.629-637, 1998.
- POSTEL, S.L. Growing more food with less water. **Scientific American**, v.284, p.34-37, 2001.
- QUADROS, D.G; RODRIGUES, L.R.A.; FAVORETT, V. et al. Componentes da produção de forragem em pastagens dos capins Tanzânia e Mombaça adubadas com quatro doses de NPK. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1333-1342, 2002.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant Physiology**. 4ed. Wadsworth Publishing Company, 1992. 682p.
- SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R.; MARIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; ALFONSI, R.R.; CARAMORI, P.H.; SWART, R. Balanços hídricos climatológicos do Brasil (compact disk). Piracicaba: DCE/ESALQ, 1999.
- UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura. **Water for People Water for Life**. www.unesco.org. 2003.
- UNRUH, J.B.; GAUSSION, R.E.; WIEST, S.C. Basal growth temperature and growth rate constantes of warm-season turfgrass species. **Crop Science**, v.36, p.997-999, 1996.
- VILLA NOVA, N.A.; CARRETERO, M.V.; SCARDUA, R. Um modelo de avaliação do crescimento da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), em termos da ação combinada do fotoperíodo e da temperatura média do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2., Campinas, 1983. **Anais**. Campinas: IAC, 1983. p.31-48.
- VOUGH, L.R.; MARTEN, G.C. Influence of soil moisture and ambient temperature on yield and quality of alfalfa forage. **Agronomy Journal**, v.63, p.40-42, 1971.
- WILSON, J.R.; MERTENS, D.R. Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. **Crop Science**, v.35, n.1, p.251-259, 1995.
- WOLEDGE, J. The effect of shading on the photosynthetic rate and longevity of grass leaves. **Annals of Botany**, v.36, p.551-561, 1972.