

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura de arroz e os métodos de irrigação

Medeiros (1997) afirma que, no Brasil, o arroz é cultivado em todo o país, sendo que o irrigado é responsável por mais da metade da produção nacional. Stone, Silverira e Moreira (1999) afirmam que, o sistema mais empregado no cultivo do arroz é o de irrigação por inundação contínua ou submersão, que pode ser conduzido com lâmina estática ou corrente. Em certas situações, tem sido adotada a irrigação por inundação intermitente e a subirrigação por elevação do nível do lençol freático. A irrigação por aspersão também tem sido empregada em algumas partes do mundo. No Brasil, sua utilização na cultura do arroz é relativamente recente. Geralmente, é utilizada de maneira suplementar no cultivo de arroz em terras altas.

Segundo Scalopi (2003), de toda área irrigada no Brasil, cerca de 70% é por superfície. Apenas a cultura do arroz, deve responder por, aproximadamente, 40% da área irrigada do país, notadamente nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Afirmação reforçada por Loiola e Souza (2001) em estudo relacionado à estatística sobre a irrigação no Brasil, segundo o Censo Agropecuário 1995 – 1996. Os dados do estudo afirmam que a região Sul apresenta a maior área irrigada, com 1,1 milhão de ha.

2.1.1 Irrigação por inundação contínua

A irrigação por inundação consiste, basicamente, em colocar uma lâmina de água em compartimentos formados no terreno, chamados de tabuleiros ou quadras, que são limitados por pequenos diques ou taipas (GOMIDE, 1979; STONE; SILVEIRA; MOREIRA, 1999).

O sistema de irrigação por inundação contínua é tradicionalmente o mais utilizado, empregando-se submersão com água parada ou corrente. Com água parada a eficiência de irrigação é, normalmente maior, não havendo riscos de perdas de nutrientes carreados pela água (MEDEIROS, 1995).

Dotto, Riches e Carlesso (1990), em estudo comparativo de sistemas de irrigação para cultivo do arroz, obtiveram resultados, demonstrado que o sistema de irrigação por inundação contínua propicia maior produtividade.

Medeiros (1997), em estudo de métodos de controle de plantas daninhas e manejo da irrigação, concluiu que independente do método de controle, a irrigação contínua, iniciada aos 18 e 36 após a emergência das plântulas de arroz, propicia aumento no peso da matéria seca das plântulas de arroz, no número de grãos por panícula e no rendimento de grãos de arroz.

Marchezan et al. (2002), em estudo com sementes pré-germinadas sem a retirada da água, mantendo-se a lâmina de água constante por todo o ciclo da cultura, não verificaram alterações no rendimento de grãos e características agronômicas do arroz.

2.1.2 Irrigação por inundação intermitente

Mishra, Rathore e Pant (1991) em estudo sobre as propriedades físicas do solo e o rendimento da cultura do arroz em diferentes regimes de irrigação, concluíram que os rendimentos ocasionados pela irrigação intermitente são equivalentes aos obtidos com irrigação contínua.

O sistema de inundação intermitente é, geralmente, mais utilizado em regiões com restrições de disponibilidade de água. Sua principal vantagem em relação à inundação contínua é a economia de água (MEDEIROS, 1995).

Borrell, Garside e Fukai (1997), em estudo comparativo de sistemas de irrigação para a cultura do arroz na área de irrigação do rio Burdekin, no norte da Austrália (região de clima semi-árido), concluíram que a irrigação intermitente em comparação com a irrigação contínua (tradicional) não apresenta diferenças significativas com relação à qualidade e rendimento de grãos naquela região.

Singh, Gajri e Arora (2001) obtiveram os melhores resultados de eficiência do uso de água nos tratamentos com irrigação intermitente combinado com o aumento da intensidade de compactação do solo.

Em estudo sobre método de controle econômico de ervas daninhas na cultura arroz sobre diferentes regimes de irrigação, realizado em Bangladesh, Islam e Molla (2001) concluíram que o regime de irrigação contínuo com lâmina constante variando entre 0,10 m e 0,15 m, não é eficiente no controle das ervas daninhas, requerendo ainda entre 1,5 a 2,0 vezes mais água que a irrigação intermitente.

Belder et al. (2004), comparando o sistema de inundação contínua com o sistema de irrigação intermitente, concluíram que a inundação intermitente pode reduzir a aplicação de água em até 15% sem alterar o rendimento da cultura, além do que a eficiência do uso da água é bem maior na irrigação intermitente.

A irrigação intermitente durante todo o ciclo, propicia uma aplicação de água relativamente menor que a inundação contínua durante todo o ciclo, ou parte dele, e uma maior eficiência do uso da água (STONE; MOREIRA; SILVEIRA FILHO, 1990).

2.2 Solos e o cultivo do arroz

De modo geral, o arroz pode ser cultivado nos mais diversos tipos de solos, desde que sejam atendidas suas exigências mínimas, principalmente quanto à umidade. Sem levar em consideração as exigências nutricionais do arroz, o aspecto mais importante para a cultura, relacionado a solos, é a disponibilidade de água durante o ciclo da cultura. A textura, ou seja, a distribuição percentual das partículas minerais (areia - silte - argila) do solo pelo tamanho afeta, entre outras características, a capacidade de retenção de água no solo (NAIME, 1979).

O Brasil possui um imenso potencial de várzeas, estimado em 28 milhões de hectares (EMBRAPA, 1981), podendo se constituir na principal fronteira para a expansão da rizicultura irrigada, nas diversas regiões do país (MEDEIROS, 1995). Steindorff e Righes (1997) afirmam ainda que as várzeas irrigáveis não têm uma utilização eficiente.

Guimarães, Fageria e Barbosa Filho et al.(2002) afirmam que a planta de arroz é adaptada aos solos saturados, mas se desenvolve bem nos solos não saturados. A planta apresenta aerênquimas, que conectam raízes, colmos e folhas, propiciando eficiente suprimento de oxigênio ao sistema radicular, mesmo em condições anaeróbias. No sistema irrigado as raízes são finas e fibrosas diferindo do arroz de terras altas que apresentam raízes longas e espessas.

Solos com alto teor de areia ocasionam elevadas perdas de água, conforme Caixeta (1984, apud STONE; SILVEIRA; MOREIRA, 1999). Em experimento conduzido em Janaúba (MG), verificaram que, apesar da maior produtividade obtida com inundação contínua (9006 kg.ha^{-1}), a quantidade de água aplicada ($144.000 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$) foi extremamente elevado, o que inviabilizou este sistema de irrigação para as condições locais.

Naime (1979) afirma que para cultivo de arroz com irrigação, o solo deve apresentar uma camada pouco permeável abaixo da zona das raízes, para reduzir a quantidade de água de irrigação e lixiviação de nutrientes, sendo tanto mais importante quando a camada superior é arenosa. Os solos neossolos e hidromórficos, além de reterem mais água de irrigação, parece que a cultura do arroz desenvolve-se melhor em solos desta textura. Os Neossolos apresentam uma fertilidade natural geralmente de média a alta, cujas principais limitações estão associadas aos riscos de inundações, sendo no entanto, os principais solos utilizados para cultivo do arroz.

Kukal e Aggarwal (2002), afirmam que, a perda de água por infiltração é um dos fatores determinantes na eficiência do uso da água nos campos irrigados com arroz, ameaçando assim sua sustentabilidade.

Paz, Teodoro e Mendonça (2000) afirmam que de uma forma geral, à medida que diminui a fertilidade natural do solo, a retenção de água se torna menor, resultando em menor eficiência e requerendo, portanto, maiores quantidades de água para obtenção de igual nível de produtividade. Sugere-se, portanto, que para maximização dos benefícios sejam utilizadas tecnologias modernas quando os preços da água e da produção forem elevados. No entanto, em terrenos planos, com solos pesados, e com água abundante e barata, é preferível que se mantenham tecnologias tradicionais.

2.3 Eficiência do uso de água e a cultura do arroz

Tate (1991) conceituou o eficiente uso da água como sendo qualquer medida que reduza a quantidade de água que se utiliza por unidade de atividade, e que favoreça a manutenção ou melhoramento da qualidade da água.

Quando a economia de água é essencial, a mesma é aplicada no campo após a formação de lamaçal e transplântio, mantendo, o teor de umidade na zona radicular num nível não inferior a 75% da saturação plena, durante todo o período de crescimento. Uma inundação moderada é praticada apenas durante um período de 30 dias a partir do início da formação das panículas até o final da floração. Com essa sistemática podem ser obtidas economias importantes de água de até 50%, particularmente, em solos com elevadas taxas de percolação (DOORENBOS; KASSAN, 1979).

Bernardo (1995) sugere que em regiões áridas, onde a água é fator limitante, as pesquisas devam ser conduzidas de modo a se fazer o planejamento de irrigações em termos de máxima produtividade por unidade de água aplicada.

Borrell, Garside e Fukai (1997) sugerem que o aumento da eficiência do uso da água tem benefícios econômicos e ambientais, pois uma maior eficiência do uso da água sugere uma menor quantidade de água bombeada e/ou derivada, logo, maior viabilidade econômica, como benefícios ambientais em longo prazo, a diminuição da água aplicada resultaria numa menor quantidade de sais adicionados ao solo via água de irrigação, diminuindo o risco de salinização das áreas.

Singh, Gajri e Arora (2001) afirmam que o arroz é o principal grão cultivado e consumido no mundo, porém, sua sustentabilidade e, principalmente, a expansão de novas áreas estão sendo ameaçadas por duas restrições altamente relacionadas: água e energia elétrica.

Bouman e Toung (2001) em estudo sobre manejo de água visando incremento na produtividade do arroz em campos irrigados, afirmam que a produtividade deve aumentar em virtude do crescimento da população, e da escassez de água para irrigação. Os autores propõem que as principais metas a serem alcançadas são economia de água e incremento na eficiência de uso da água.

O sistema tradicional de transplântio de arroz com lâmina contínua demanda uma grande quantidade de água. Tendo em vista a crescente escassez de água, cresce também a necessidade do desenvolvimento de sistemas de cultivo alternativos que proporcionem uma maior economia de água (TABBAL et al., 2002; CABANGON; TUONG; ABDULLAH, 2002),

Vories, Counce e Keisling (2002) comparando o sistema de irrigação por inundação com o de sulcos, na cultura do arroz, concluíram que o tratamento de irrigação por sulcos calculado com 19 mm de déficit, alcançou uma média, em três anos, de eficiência de uso da água, de $1,1 \text{ kg.ha}^{-1}$ por m^3 de água aplicada. este valor foi 70% superior ao sistema de irrigação por inundação.

Louzada, Marcolin e Macedo (2003) ressaltam que, a busca de altos índices de eficiência através da racionalização do uso da água deve ser um objetivo de todos os projetos de irrigação, qualquer que seja o método de irrigação adotado. No caso específico da irrigação por inundação deve ser uma questão ainda mais importante, sendo tratada como prioritária, já que os volumes de água derivados são significativamente maiores do que nos demais métodos.

Belder et al. (2004) afirmam que, com a disponibilidade de água para a agricultura decrescendo e a demanda de arroz crescendo, juntamente com o aumento da população, a eficiência do uso da água deve ser incrementada.

Stone e Silveira (2003) ressaltam que pela magnitude dos volumes de água usados na irrigação do arroz, observa-se que qualquer técnica que reduza a quantidade de água ou que promova uma melhor utilização desse recurso, é por demais significativa. Do ponto de vista agrícola, é necessário produzir cada vez mais grãos por unidade de água aplicada. Para que isso ocorra, é necessário aumentar a produtividade pelo uso adequado de tecnologia ou reduzir o consumo de água pela cultura, ou ambos. Economizando-se água, economiza-se também a energia dispensada ao seu bombeamento.

Segundo Begg e Turner (1976), citado por Frizzzone (1986), as culturas devem ser conduzidas de forma a se obter uma máxima eficiência de uso da água. Em termos econômicos propõe-se uma eficiência de uso da água, como sendo a relação entre o rendimento ótimo econômico e a lâmina total de água ótima econômica.

2.4 Custo da irrigação e da água

Em estudo comparativo de métodos de irrigação para a cultura do arroz na área de irrigação do rio Burdekin, no norte da Austrália (região de clima semi-árido), Borrell, Garside e Fukai (1997) afirmam que os custos com a irrigação alcançam 40% dos custos totais.

Gomes et al. (1985) afirmam que o manejo de água por inundação, com uma lâmina constante variando entre 0,05 m e 0,20 m, é uma prática tradicional no Estado do Rio Grande do Sul. Tal manejo de água, embora bem aceito pelos orizicultores, eleva de forma substancial o custo de produção, visto que o fator de produção água é um dos componentes mais onerosos no sistema de produção de arroz no Rio Grande do Sul.

Muitos dos fatores que afetam o uso da água são essencialmente econômicos e a maneira como eles se combinam, depende do preço relativo do recurso. Segundo a teoria econômica, a combinação ótima dos insumos, também conhecida como eficiência econômica, ocorre quando os preços marginais dos diversos fatores são iguais, ou seja, se um dos insumos tem preço muito baixo ou nulo, este será utilizado tanto quanto se julgue necessário (TATE, 1991).

Biserra et al. (1995) em estudo sobre a rentabilidade da irrigação pública no Nordeste brasileiro, concluíram que com os planos de produção vigentes, os colonos do Perímetro Irrigado Morada Nova têm retornos suficientes para pagar, com total segurança, uma tarifa d'água que englobe todos os custos de operação (inclusive energia elétrica) e manutenção dos investimentos públicos.

Araújo (1998) em diagnóstico e perspectivas do sistema tarifário de água bruta no Estado do Ceará, calculou uma tarifa fixa de R\$ 5,00/1000 m³ para água bruta (sem tratamento prévio) para fins de irrigação, sendo este valor condizente com a capacidade de pagamento dos agricultores.

Em estudo de valoração econômica da água para o semi-árido cearense, Pinheiro (1998) concluiu que se prevalecessem na safra 1995/96, os preços médios mensais recebidos pelos produtores de coco, mamão e cana-de-açúcar, observados no período de julho de 1994 a maio de 1998, no Distrito Irrigado Curu-Paraibaba, o preço da água seria R\$ 153,93 por 1000 m³. Se no mesmo período, fossem praticados as médias anuais dos preços máximos ou os mínimos dos produtos, os preços da água seriam respectivamente R\$ 187,00 por 1000 m³ ou R\$ 124,83 por 1000 m³.

Quando o preço de um fator de produção é muito baixo em relação aos demais, ele é utilizado sem se levar em conta a quantidade e sua conservação. Com relação à água pode-se inferir que: a) a atenção prestada ao eficiente uso da água é diretamente proporcional ao preço cobrado pelo recurso; b) quando o recurso é avaliado corretamente, considerando-se a sua contribuição à produtividade, existe um incentivo através de forças de oferta e demanda para utilizá-lo eficientemente através da introdução e de mudanças tecnológicas; c) a quantidade e a qualidade da água estão estreitamente relacionadas às ações para o incremento da eficiência de seu uso; d) no contexto de demanda de água, os princípios de eficiência e valor do recurso quando os fatores sociais são complexos, devem ser considerados com atenção (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

Carramaschi, Cordeiro Neto e Nogueira (2000) em estudo comparativo de métodos de valoração econômica da água na Bacia do Rio Rocinha em Brasília – DF, concluíram que alocar corretamente os recursos escassos é um dos caminhos apontados para uma maximização do bem-estar social. Em termos de recursos hídricos, isso equivale dizer que não seria possível maximizar o bem-estar social, sem a correta consideração dos valores dos recursos hídricos em suas diversas formas de participação nos processos econômicos, sejam esses valores capturados pelo mercado ou não.

Pinheiro e Shirota (2000) em estudo de determinação do preço eficiente da água para irrigação no Projeto Curu-Paraipaba, Ceará, concluíram que se fosse cobrado o preço eficiente da água para irrigação, e com isto, sua alocação se destinasse às culturas de maior valor, haveria as seguintes vantagens: i) aumento no valor bruto da produção (VBP); ii) aumento da receita do governo (com eliminação de subsídios) permitindo cobrir, com folga, todos os custos de operação e manutenção do sistema de suprimento.

Conforme Christofidis (2001), com a evolução de novos sistemas de irrigação, que usam a água de forma mais racional, ocorre uma tendência, forçada, principalmente pela escassez dos recursos hídricos, da possibilidade de aplicação de cobrança pelo uso da água, preconizada na Lei 9.433, da Política Nacional de Recursos Hídricos e na Lei 9.984, que criou a Agência Nacional de Águas.

Scare (2003) afirma que o modelo adotado para gestão dos recursos hídricos no Brasil determina que a água é um bem limitado, de domínio público e dotado de valor econômico, sendo regulado pelo estado.

Em função de condições de escassez em quantidade e/ou qualidade, a água deixou de ser um bem livre e passou a ter valor econômico. Este fato contribuiu com a adoção

de novo paradigma de gestão desse recurso ambiental, que compreende a utilização de instrumentos regulatórios e econômicos, como a cobrança pelo uso dos recursos hídricos. A experiência em outros países mostra que, em bacias que utilizam a cobrança, os indivíduos e firmas poluidores reagem internalizando custos associados à poluição ou outro uso da água. A cobrança pelo uso de recursos hídricos, mais do que instrumento para gerar receita, é indutora de mudanças pela economia da água, pela redução de perdas, pela gestão com justiça ambiental. Isso porque se cobra de quem usa ou polui (ANA, 2004).

No decreto número 27.271 de novembro de 2003, o governo do Estado do Ceará regulamentou o art. 11.996 de 24 julho de 1992, no tocante à cobrança de pelo uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e o art. 4º da citada lei, no que se refere a outorga de direito de uso e demais providências, no art. 3º parágrafo VI atribui as seguintes faixas para cobrança da água de irrigação:

- a) Consumo de $1.441 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ até $5.999 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$, taxa de R\$ 2,5 por 1000 m^3 de água consumido
- b) Consumo de $6.000 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ até $12.000 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$, taxa de R\$ 5,6 por 1000 m^3 de água consumido
- c) Consumo de $12.000 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ até $18.999 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$, taxa de R\$ 6,5 por 1000 m^3 de água consumido
- d) Consumo de $19.000 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ até $46.999 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$, taxa de R\$ 7,0 por 1000 m^3 de água consumido
- e) Consumo a partir de $47.000 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$, taxa de R\$ 8,0 por 1000 m^3 de água consumido (CEARÁ, 2003),

2.5 Indicadores de rentabilidade

Biserra et al. (1995), analisando a rentabilidade da irrigação no Nordeste do Brasil, afirmam que não pode ser colocada em dúvida a importância do papel estratégico da irrigação para o semi-árido brasileiro. No entanto, até o momento, não foram muitos os trabalhos de pesquisa que investigaram a rentabilidade das culturas agrícolas irrigadas no Nordeste. Uma boa rentabilidade das explorações agrícolas irrigadas representa um incentivo à investimentos no setor. Um ponto de grande importância, que as pesquisas deveriam focar, seria o risco associado às atividades agrícolas, pois, mesmo as atividades agrícolas irrigadas, estão sujeitas a um significativo nível de risco, seja ele climático e/ou biológico.

Analisando os indicadores de rentabilidade da recuperação de um solo sódico em condições de drenagem subterrânea no Vale do Curu – Ceará, Oliveira Júnior (1998), com dois planos de cultivo, um com uma safra de arroz e duas de melão e outro com uma safra de arroz e apenas uma safra de melão, considerou que ambos demonstraram em base ao critério de decisão, a viabilidade dos cultivos.

Segundo Pinheiro (1998), com base nos resultados obtidos no Projeto Curu-Paraibaba, os projetos de irrigação no Nordeste seriam altamente rentáveis, se fosse

assegurado o direito de uso da água apenas para aquele que tivessem com disposição à pagar o preço eficiente da água. Não poderia ser de outra maneira, ou seja, esperar uma razoável rentabilidade econômico-financeira num projeto de irrigação em que o projeto de irrigação em que o principal fator de produção não for submetido ao controle de uso.

Paz, Teodoro e Mendonça (2000), afirmam que o conceito econômico da água de irrigação segue os princípios da teoria da produção, em que a aplicação às culturas ocorre segundo os critérios de comportamento empresarial, buscando-se a maximização dos rendimentos ou benefícios. Deste modo, a água é um fator de produção agrícola, ao qual estão associados diversos custos. Outra forma de valorizar a água de irrigação, se dá em função de sua produtividade, ou seja; o preço máximo a que está disposto a pagar o empresário agrícola pela incorporação da água, depende do cultivo, de seu preço de venda e de sua produtividade; portanto, conhecendo o preço de oferta da água, o empresário programará os cultivos na propriedade, com o objetivo de maximizar o rendimento e definirá quais as culturas viáveis em caso de escassez de água. Como cada nível de água aplicada corresponde a um nível de produtividade, o produtor fixará a quantidade de água a aplicar, segundo um critério de racionalidade econômica.

Arbage e Souza (2004) em estudo da análise do investimento do sistema de cultivo de arroz pré-germinado no Estado do Rio Grande do Sul afirmam que, a viabilidade de investimento, assim como a avaliação real de uma empresa, depende tanto de valores tangíveis (aqueles que podem ser expressos monetariamente no fluxo de caixa) quanto intangíveis. Estes valores intangíveis de um investimento, são, na verdade, as opções estratégicas criadas por ele (o investidor ou empresário), ou opções de investimentos futuros decorrentes do investimento presente.