
CAPÍTULO 2

SELEÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

J. A. FRIZZONE

Dep. Eng. Rural - ESALQ/USP, CEP: 13418-900, Piracicaba - SP

1 INTRODUÇÃO

Dentre os benefícios que a irrigação proporciona a agricultura, podem ser citados:

- permite maior eficiência no uso dos fertilizantes;
- maior garantia de produção, por reduzir a dependência das chuvas, e menor reduz o risco do investimento;
- possibilita o aumento da produtividade das culturas (em média, a produtividade nas áreas irrigadas é 2,5 a 3,0 vezes maior do que nas áreas não irrigadas);
- permite a programação da época de plantio, ou seja, elaboração de uma escala de colheita;
- possibilidade de alteração da época de colheita, resultando em melhores preços no mercado;
- permite mais de uma safra por ano de uma mesma cultura.
- melhora as condições econômicas das comunidades rurais; e
- aumenta a demanda de mão-de-obra e fixa o homem no campo.

A escolha correta do método de irrigação, isto é, se por superfície, aspersão ou localizada irá depender de características locais como o solo (capacidade de armazenamento de água, velocidade de infiltração, drenagem, topografia, presença de lençol freático, salinidade, etc.), o clima (ventos, umidade relativa do ar, temperatura, precipitação), a água (disponibilidade e qualidade), a cultura (grão, fruticultura, cafeicultura, forrageiras, etc.), de fatores humanos (formação tecnológica, hábitos, preferências, etc.) bem como dos aspectos econômicos.

Como se depreende, não existe um sistema de irrigação considerado ideal, isto é, capaz de atender da melhor maneira possível a todas as condições do meio físico e a grande variedade de culturas e interesses econômicos e sociais. Deve-se selecionar o sistema mais adequado para cada condição em particular. O processo de seleção baseia-se na análise criteriosa das condições existentes em função das características de cada sistema de irrigação e da análise econômica de cada alternativa. Os principais fatores a serem analisados são apresentados a seguir.

2 CRITÉRIOS BÁSICOS PARA SELEÇÃO

2.1 Recursos hídricos

Os recursos hídricos podem ser de natureza superficial (rios, lagos, represas, etc.) ou subterrânea (aquíferos freáticos ou confinados). Os principais parâmetros relativos aos recursos hídricos e suas implicações na seleção de sistemas de irrigação são apresentados a seguir.

Potencial hídrico - Deve ser avaliado em função da vazão e do volume total disponível. A vazão disponível deve ser estimada utilizando-se critérios probabilísticos e o volume total em função da capacidade de armazenamento de água ou da necessidade de construção de reservatórios. A grandeza do potencial hídrico pode determinar a eficiência de irrigação necessária para que se possa irrigar toda a área. Necessitando-se de alta eficiência de irrigação, os sistemas por aspersão e localizada devem ser preferidos.

Localização da fonte d'água - A situação topográfica do recurso hídrico, em relação à área irrigada, tem grande influência no esquema de distribuição de água, no manejo e no custo do sistema de irrigação. Sempre que possível, a escolha do local de captação da água deve ser feita de forma a minimizar a altura de recalque e as distâncias de condução e distribuição, devendo-se preferir o fluxo por gravidade. A altura de recalque da água é um dos principais fatores relacionados ao consumo de energia; aumentando-se essa altura em relação à altura manométrica total, maiores deverão ser os níveis de eficiência dos sistemas de irrigação.

Qualidade da água - é determinada pela quantidade e natureza do material sólido em suspensão e em solução. A quantidade de sólidos em suspensão pode limitar aos sistemas de irrigação localizada. Essa exigência é menor em sistemas por aspersão e pouco significativa nos sistemas por superfície. Por outro lado, os sistemas de irrigação localizada possibilitam o uso de águas com maiores níveis de salinidade.

Custo da água - Depende primariamente da sua disponibilidade, localização e qualidade. O maior custo da água exige maior eficiência de irrigação, o que pode ser mais facilmente obtido com sistemas de irrigação localiza e aspersão. Relativamente ao conceito, à gestão e à estrutura dos custos, convém distinguir entre os custos da água superficial e subterrânea. A água superficial tem sido considerada como um bem livre, cuja gestão é feita preferencialmente por entidades públicas, com custos de obtenção relativamente baixos, fundamentalmente vinculados aos gastos de uma obra pública. Por outro lado, a água subterrânea tem tido um conceito de bem econômico e sua gestão tem sido feita principalmente por entidades privadas e seu custo é mais elevado, estando vinculado tanto aos investimentos quanto aos custos da energia e da mão-de-obra na gestão e distribuição.

2.2 Condições topográficas do terreno

As condições topográficas afetam a seleção do sistema de irrigação, o dimensionamento, a operação e o manejo. Os principais elementos topográficos envolvidos na seleção do sistema são:

Dimensões e forma da área - Áreas superiores a aproximadamente 50 ha, com forma retangular, facilitam a utilização de qualquer sistema de irrigação. Entretanto, áreas pequenas e com fronteiras irregulares limitam o uso de alguns sistemas, como aspersão mecanizada e superfície. A aspersão convencional e a irrigação localizada são mais adaptáveis à estas condições.

Direção e gradiente de declive - Estes parâmetros definem a uniformidade topográfica. Todos os sistemas de irrigação adaptam-se a uma condição topográfica uniforme da superfície do terreno. Pequena uniformidade topográfica limita a utilização de sistemas de irrigação por superfície, entretanto os sistemas de aspersão e localizada toleram maior desuniformidade topográfica. Evidentemente que essa desuniformidade pode ser corrigida pelo processo de sistematização, contudo é necessário considerar os custos da operação além da possibilidade de comprometimento da qualidade do solo para a agricultura.

Acidentes topográficos - Os sistemas de irrigação por aspersão convencional e localizada toleram com mais facilidade a presença de acidentes topográficos que eventualmente possam ocorrer na área, como erosões em sulco ou voçorocas, afloramento de rochas, área alagadas, estradas, vias de acesso e linhas de transmissão de energia elétrica. Alguns equipamentos mecanizados de aspersão, como pivô central, lateral rolante e linear móvel não admitem a presença de obstáculo superior a do vão livre em todo o seu percurso.

2.3 Solo

Os fatores do solo mais importantes para a seleção de sistemas de irrigação são: capacidade de água disponível, capacidade de infiltração, aeração, salinidade, profundidade efetiva e variabilidade espacial.

Capacidade de água disponível

Todos os fatores que resultam em grande capacidade de água disponível do solo sem, contudo, restringir a aeração, tendem a favorecer o uso dos sistemas de irrigação por superfície, pelos quais é relativamente eficiente aplicar grandes volumes de água com baixa frequência. Reciprocamente, solos com baixa capacidade de água disponível requerem irrigações freqüentes e com pequeno volume, o que pode ser melhor atendido por sistemas de irrigação por aspersão e localizada. As propriedades do solo que afetam a capacidade de água disponível são:

Profundidade efetiva – Solos pouco profundos sobre rochas, cascalho, camadas adensadas ou com lençol freático permanentemente alto, ou a presença de qualquer outra camada obstrutiva, têm uma pequena capacidade de água disponível. Estes solos não devem ser submetidos a operações de sistematização; mesmo pequenas profundidades de corte poderiam expor horizontes improdutivos, ou camadas compactadas, ou mesmo, o lençol freático. Nestes casos, a irrigação por sulcos e faixas de infiltração não são aconselháveis. Em condições de lençol freático elevado, a irrigação subterrânea deve ser considerada como uma das possibilidades viáveis. Apenas quando houver um sistema de drenagem subterrânea eficiente e a possibilidade de um controle rigoroso da

quantidade de água aplicada é que a irrigação superficial pode ser aventada. Já a possibilidade de um controle efetivo da quantidade de água aplicada torna os sistemas de irrigação por aspersão e localizada mais adequados aos solos rasos.

Textura - Define-se a textura pela distribuição das partículas de solo por tamanho. O Solo é chamado **arenoso** quando tem maior porcentagem de partículas com diâmetros entre 0,02mm e 2,0mm; **limoso**, maior porcentagem de partículas entre 0,02mm e 0,002mm; **argiloso** quando predominam partículas com diâmetros inferiores a 0,002mm.

A capacidade de campo e o ponto de murcha permanente estão relacionados com a textura do solo e constituem os principais fatores que afetam a disponibilidade de água. Tanto os solos arenosos quanto os muito argilosos têm um pequeno intervalo entre os limites superior e inferior de água disponível e, conseqüentemente, favorecem a utilização de sistemas de irrigação localizada e alguns sistemas de aspersão que possibilitam a aplicação freqüente de água com baixo volume.

Como as perdas de água, nos sistemas por superfície, estão relacionadas à percolação observada durante a fase de avanço e ao escoamento no final da parcela durante a fase de reposição, não se deve esperar por níveis satisfatórios de eficiência dos sistemas por sulcos ou faixas de infiltração nesses tipos de solo. Particularmente, a irrigação por inundação deve ser utilizada, preferencialmente, em solos mais argilosos, com baixa capacidade de infiltração. Os solos de textura mediana, tendo amplo intervalo de água disponível, são os mais apropriados a todos os sistemas de irrigação. O ideal seria que esses solos apresentassem, as seguintes proporções entre as frações constituintes: 25% de água, 25% de ar, 45% de partículas minerais e 5% de matéria orgânica.

Estrutura - A estrutura é definida pelo arranjo das partículas do solo. Um solo com estrutura granular é o mais conveniente para a agricultura, pela maior capacidade de armazenar e disponibilizar água e nutrientes para as plantas. Os solos bem estruturados têm argila em quantidade suficiente para formar aglutinados e permitir a irrigação por qualquer sistema. Por outro lado, solos sem estruturação, não agregados, de grãos simples, como os arenosos, dificultam o uso de sistemas de irrigação por superfície.

Massa específica do solo – Também chamada densidade global ou densidade aparente, é um atributo do solo de importância na irrigação, pois tem relação com a porosidade do solo e com a capacidade de armazenamento de água. Sendo função da textura e da estrutura, influencia a capacidade de água disponível e, por isso, tem implicação na seleção de sistemas de irrigação. Como a ordem de grandeza das diferenças entre massas específicas dos diferentes tipos de solo não são expressivas, esse fator, por si, raramente tem uma influência decisiva na escolha final de um sistema de irrigação.

Capacidade de infiltração de água do solo

A capacidade de infiltração é um fator básico de projeto para todos os métodos de irrigação. No caso de irrigação por sulcos e faixas, determina o comprimento ótimo da parcela para uma dada vazão de entrada e declividade do terreno. No caso de aspersão, a intensidade de aplicação de água determina o tamanho e a capacidade dos aspersores e o espaçamento entre eles. Em geral, baixas velocidades de infiltração de água no solo permitem maiores comprimentos das parcelas para irrigação por superfície, resultando em sistemas mais econômicos e com maior flexibilidade para operações mecanizadas. Para terrenos em declive, a baixa velocidade de infiltração propicia o escoamento superficial, quando se utiliza irrigação por aspersão com intensidade de aplicação não compatível com a capacidade de infiltração, aumentando os riscos de erosão. Neste caso, a intensidade de aplicação de água dos aspersores não deve superar a capacidade de infiltração do solo. A aspersão convencional e a microaspersão permitem uma melhor compatibilização entre a intensidade de aplicação e a velocidade de infiltração. Já alguns sistemas de aspersão mecanizados, como o pivô central e o autopropelido, não permitem a mesma flexibilidade operacional e podem ser limitantes em solos com reduzida velocidade de infiltração.

Reciprocamente, velocidade de infiltração elevada, típico de solos arenosos, representa um grande inconveniente à implantação de sistemas. Nestes solos, as parcelas de irrigação têm pequeno comprimento, é facilitada a perda de água por percolação profunda, os custos da irrigação são mais elevados e as operações mecanizadas são dificultadas. Os sistemas de irrigação por aspersão ou localizada devem ser preferidos. Como um critério geral, pode-se considerar que solos com velocidade de infiltração inferior a 10 mm/h são aptos aos sistemas por superfície; solos com velocidade de infiltração superior a 30 mm/h devem ser irrigados apenas por sistemas localizados ou aspersão. Entre esses dois limites, ambos os sistemas podem ser utilizados, porém outros critérios governam a seleção.

Alguns solos argilosos são suscetíveis à formação de crostas superficiais quando irrigados por aspersão, devido à desagregação causada pelo impacto das gotas no solo, efeito este que reduz a velocidade de infiltração, aumenta o deflúvio e afeta a germinação das sementes. Sob estas condições, a irrigação por aspersão deve ser evitada, ou utilizar aspersores com alto grau de pulverização. Esta alternativa pode não ser a mais indicada economicamente, pois facilita as perdas de água por evaporação e deriva. A irrigação por superfície pode também formar selamento da superfície de infiltração, por sedimentação de material em suspensão.

Aeração do solo

Havendo no solo a possibilidade de redução da porosidade livre de água, a níveis que poderiam prejudicar a aeração do ambiente radicular da cultura, os sistemas de irrigação por aspersão e, principalmente, localizada tornam-se vantajosos relativamente aos por superfície. A

aplicação de água ao solo a uma intensidade inferior à velocidade de infiltração resulta em um menor teor de água no perfil e, por conseguinte, em uma maior aeração.

Variabilidade espacial do solo

Onde o solo tem significativa variabilidade nas suas propriedades de retenção e infiltração de água ou em seu perfil, e essas diferenças se estendem em glebas relativamente grandes da área, os equipamentos de aspersão e localizada se adaptam melhor à irrigação, por serem suficientemente flexíveis para permitir o uso de diferentes emissores de água para atender às variabilidades da área. Sulcos e faixas não podem ser convenientemente dimensionados, com diferentes comprimentos nas diversas glebas, porque complicam a operação eficiente dos sistemas.

Se a variabilidade nas propriedades do solo ocorrerem em áreas relativamente pequenas, dispersas no campo, tais como pequenas manchas argilosas em solos arenosos, a irrigação localizada constitui-se na melhor alternativa, pois é extremamente flexível para irrigar áreas pequenas e de forma irregular. O sistema de irrigação por aspersão convencional pode ser também uma alternativa para superar a variabilidade espacial das propriedades físicas, químicas e morfológicas do solo na área irrigada. Por simples mudanças operacionais ou dimensionais, esse sistema pode se adaptar às variações nas características de retenção e movimentação de água na área irrigada, o que seria mais difícil de se conseguir com irrigação por superfície e alguns sistemas de aspersão mecanizados, como o pivô central, deslocamento linear e autopropelido.

Salinidade do solo

Os solos salinos ocorrem comumente em regiões áridas e semi-áridas, onde a precipitação é menor que a demanda evaporativa da atmosfera. Esse desequilíbrio produz acúmulo de sais solúveis no solo, nocivos às plantas, ao longo do tempo, podendo tornar o solo estéril. O acúmulo de sal no solo pode se intensificar se houver irrigação com água salina, principalmente se não for implantado um eficiente sistema de drenagem subterrânea.

Pela análise química, pode-se avaliar a extensão dos problemas atuais e potenciais com salinidade do solo. Em locais cuja salinidade do solo constitui problema, a irrigação subterrânea e por sulcos deve ser evitada. Os sulcos possibilitam a formação de uma zona salina na distância intermediária entre eles, geralmente o local onde se desenvolvem as plantas. Se os sulcos forem construídos próximos, ou coincidindo com as linhas de plantio, a irrigação pode ser manejada para reduzir o efeito prejudicial do excesso de sais. A irrigação por faixas pode ser utilizada com sucesso, pois permite a aplicação de uma lâmina de água adicional, em toda a área, para lixiviar os sais presentes na camada de solo explorada pelas raízes.

Os problemas relacionados à presença de sais solúveis no solo podem ser mais facilmente contornados com a utilização de regimes de irrigação mais freqüentes e localizada, o que permite o

deslocamento dos sais para fora da zona radicular e mantém o teor de água sempre elevado nesta região, o que reduz a concentração salina. Por isso, os sistemas de irrigação localizada reúnem as maiores vantagens em solos salinos. Os sistemas por aspersão, pelas suas características, propiciam a aplicação de lâminas adicionais de irrigação, em toda a área, e facilitam naturalmente o arrastamento dos sais solúveis para as camadas de solo mais profundas onde devem ser retirados do terreno por um sistema de drenagem. Alguns sistemas, como o pivô central e o deslocamento linear possibilitam, ainda, regimes de irrigações freqüentes. Acrescenta-se que um sistema de drenagem subterrânea é indispensável em qualquer solo salino.

2.4 Clima

Vento

A ocorrência de ventos fortes ou grandes variações de velocidade e direção constitui importante limitação à aspersão, pois diminui acentuadamente a uniformidade de distribuição de água por aspersores e microaspersores e pode reduzir a eficiência de irrigação. A uniformidade é mais prejudicada nos sistemas cujos aspersores operam estacionados, como na irrigação por aspersão convencional e rolamento lateral, ou nos sistemas que irrigam faixas relativamente grandes, como os aspersores autopropelidos.

Para diminuir o efeito do vento na uniformidade de distribuição de água pode-se utilizar quebra-ventos, reduzir a distância entre aspersores ou a largura da faixa irrigada, ou irrigar somente quando a velocidade do vento é pequena. Porém, essas práticas aumentam consideravelmente o custo da irrigação. Os sistemas pivô central e deslocamento linear, com aspersores pouco espaçados, apresentam um desempenho menos influenciado pelo vento. Os sistemas de irrigação por superfície, subterrânea e por gotejamento não são prejudicados pela ocorrência de ventos e devem ser preferidos nestas condições.

Temperatura e umidade relativa

Altas temperaturas e baixa umidade relativa têm efeito direto sobre as perdas de água por evaporação nos sistemas de aspersão. Estas perdas podem ser consideradas altas quando ultrapassam 15%. Alta temperatura e baixa umidade relativa também favorecem a perda de água pela planta, através da transpiração, requerendo a aplicação de lâminas de irrigação relativamente grandes. Deve-se considerar também a evaporação da água retida pela vegetação, quando se utilizam sistemas por aspersão, e perda direta do solo, na área não cultivada nas entre-linhas de plantio, principalmente em grandes espaçamentos. A caracterização desses processos como perda efetiva de água ainda é controvertida, porém é pouco provável que essa água apresente à planta o mesmo benefício da água absorvida pelas raízes. O problema aumenta de importância ao se considerar irrigação por aspersão com alta freqüência e alto grau de pulverização, em que grande parte da lâmina aplicada pode ser interceptada pelo dossel vegetativo e não atingir o solo.

As perdas de água por evaporação em irrigação por sulcos e faixas são pequenas e desprezíveis para o sistema por gotejamento; já na irrigação por inundação e microaspersão podem ser significativas.

Precipitação

A importância da irrigação para a produção agrícola depende do regime de chuvas durante o período de desenvolvimento das culturas. Nas regiões onde é praticamente impossível obter alguma produção contando-se apenas com as chuvas, diz-se que a irrigação é obrigatória; sendo a irrigação necessária apenas para complementar ou suplementar a ação das chuvas, diz-se que a irrigação é suplementar. Quanto menor a quantidade de água necessária por irrigação, menos importante é essa prática para a atividade agrícola. O investimento de capital em irrigação deve ser compatível com a sua importância para a produção; assim, quando as chuvas contribuem com a maior parte da água necessária, menores deverão ser os investimentos com irrigação, justificando-se os sistemas de irrigação por superfície, desde que não sejam necessários grandes investimentos em sistematização, e a aspersão com equipamentos portáteis.

Geadas

A irrigação muitas vezes é utilizada como uma técnica de proteção de plantas em regiões cujo de riscos de geadas é freqüente durante a estação de crescimento das plantas. A irrigação por aspersão, desde que prudentemente utilizada, é um método efetivo para proteção das plantas contra geadas leves e intermitentes, especialmente em frutas e hortaliças. A razão de aplicação de água até a temperatura de -4°C não precisa ser superior a 2 mm/h. A medida que a temperatura torna-se mais baixa, e a velocidade do vento aumenta, a intensidade de aplicação de água deverá ser maior, podendo chegar a 15 ou 20 mm/h em condições de temperatura próximas de -9°C e vento de 12 km/h. Entre os sistemas de irrigação, somente a aspersão apresenta condições para proteção das plantas contra geadas menos severas. O inconveniente é que o sistema deve ser capaz de promover a aplicação de água simultaneamente a toda a área cultivada durante o período com temperatura inferior a 0°C e, para isso, o sistema deve ser dimensionado para esse fim.

2.5 Cultura

Sistema de cultivo e densidade de plantio

O sistema de irrigação por sulco adapta-se bem às culturas em linhas. Os sistemas de aspersão e gotejamento também são bem adaptados a esse sistema de cultivo. Quando o espaçamento entre linhas não comportar a confecção de sulcos, sem prejuízos à densidade de plantio, como se verifica nos cereais de pequeno porte (trigo, centeio, cevada) ou em algumas

culturas olerícolas, pode-se adotar o sistema de irrigação por faixas, o qual também é bem adaptado às culturas semeadas a lanço.

A irrigação por aspersão, por sua característica de aplicação de água em área total, adapta-se muito bem às culturas que ocupam toda superfície do terreno. Para frutíferas, que ocupam parcialmente a superfície do terreno, a irrigação por aspersão apresenta menor eficiência de aplicação de água, podendo ser vantajosamente substituída pelos sistemas de irrigação localizada. Mesmo a irrigação por sulcos pode ser mais eficiente que a aspersão, pois permite a localização da aplicação na região de interesse.

Altura das plantas

As culturas de grande porte como milho, cana-de-açúcar e muitas culturas fibrosas requerem a colocação dos aspersores a uma altura compatível, aumentando o consumo de energia para proporcionar a aplicação de água acima da vegetação e reduzindo a uniformidade de distribuição de água e a eficiência de aplicação. Nestas condições, o deslocamento das tubulações nas mudanças de posições de linhas laterais, nos sistemas de aspersão portáteis, são muito dificultadas, a não ser que se construam carregadores para favorecer essa operação. Culturas com altura superior a 3m limitam a utilização dos sistemas tipo pivô central e deslocamento linear; o sistema rolamento lateral adapta-se somente a culturas rasteiras. Exceto a aspersão, todos os outros sistemas de irrigação não apresentam nenhuma restrição quanto ao porte da cultura.

Profundidade do sistema radicular

As culturas com sistema radicular profundo são capazes de explorar maior volume de solo e, conseqüentemente, requerem irrigações menos freqüentes e com maiores lâminas, comparativamente às culturas com raízes menos profundas. Culturas com sistema radicular profundo são mais eficientemente irrigadas por sistemas de irrigação por superfície; com raízes rasas, como por exemplo a bananeira e cebola, requerem irrigações freqüentes e leves, sendo, neste caso, mais eficientes os sistemas de irrigação por aspersão e localizada.

Estádios de crescimento

Muitas culturas requerem irrigações leves e freqüentes durante a germinação e em períodos subseqüentes, quando ainda jovens com sistema radicular raso. Nesta condição os sistemas de irrigação por aspersão são mais convenientes, porém devem ser utilizados aspersores com baixa intensidade de aplicação e pequeno grau de pulverização para não facilitar a formação de crosta superficial e dificultar a germinação das sementes. Nos estádios de crescimento e maturação não há especial preferência por um sistema de irrigação e outros fatores podem

determinar a escolha. Durante o período de colheita, algumas culturas não suportam molhamento da parte aérea, como por exemplo o algodão, e isto limita o uso da aspersão.

Exigências agronômicas

As diferentes culturas têm maior ou menor grau de resistência às doenças. O tomateiro, por exemplo, é muito sensível, principalmente em regiões úmidas, exigindo tratamentos fitossanitários sistemáticos, o que desaconselha os sistemas de aspersão e credencia os sistemas por superfície e gotejamento. A aspersão tem também a desvantagem de lavar as folhas e, portanto, os defensivos aplicados por polvilhamento favorecendo a introdução e disseminação de agentes patogênicos. A irrigação localizada, em muitos casos, não causa ou agrava a ocorrência de doenças de plantas.

A bananeira é sensível à podridão dos frutos quando irrigada por aspersão. A videira é muito sensível ao calor se as folhas forem molhadas; a pereira e a macieira podem sofrer queima das folhas se forem irrigadas por aspersão durante horários de sol quente, casos em que a irrigação noturna seria mais conveniente, ou utilizar irrigação por superfície ou localizada.

A redução temporária da aeração do solo pode ser prejudicial a algumas culturas muito sensíveis, como o fumo, o pimentão e os citros. Esse comportamento pode restringir a utilização de sistemas de irrigação por superfície e subsuperfície, em solos que apresentam elevada capacidade de retenção de água.

2.6 Fatores humanos

Além das dificuldades envolvidas na análise dos diversos fatores apresentados anteriormente, com vistas à seleção de sistemas de irrigação, há que se considerar os fatores comportamentais dos agricultores, não menos importantes, como hábitos, preferências, tradições e preconceitos. Esses fatores dificultam a introdução de inovações tecnológicas, persistindo a tendência de uso dos sistemas de irrigação já consagrados na região, caracterizando o alto grau de aversão ao risco por parte do irrigante.

Agricultores de melhor formação tecnológica são mais acessíveis a mudanças tecnológicas e, até mesmo, contribuem para o aprimoramento de sistemas de irrigação superando expectativas de desempenho. Ao contrário, quando o agricultor não consegue assimilar os princípios básicos da irrigação, os sistemas de elevado desenvolvimento tecnológico podem não corresponder aos seus anseios. A irrigação por superfície e aspersão convencional têm sido utilizadas com relativo sucesso por muitos agricultores menos desenvolvidos, enquanto a irrigação localizada e aspersão mecanizada apresentam algumas particularidades operacionais que dificultam o uso racional e exigem maior treinamento dos agricultores.

2.7 Aspectos econômicos

A análise econômica envolvendo diferentes sistemas de irrigação é muito complexa, uma vez que tem por base uma grande variedade de fatores que variam constantemente. Ao mesmo tempo, constitui o critério mais adequado à seleção de sistemas de irrigação para uma determinada condição. A análise final, entretanto, deverá considerar uma simples comparação de custos entre cada sistema de irrigação e o valor da cultura irrigada.

Valor econômico das culturas

As culturas diferem em seu valor final de mercado, dependendo do tipo (perecível ou não), da variedade, da qualidade, da sazonalidade, da oferta e demanda do mercado e da comercialização. Esses complexos fatores são variáveis e de difícil previsão. Com relação à seleção de sistemas de irrigação, entretanto, pode-se dizer que somente quando alguns desses fatores de preço são favoráveis, um gasto relativamente maior com um sistema de irrigação pode ser justificado. Somente as culturas de alto valor econômico podem justificar a utilização de sistemas de irrigação de mais alto custo. Em qualquer caso, se um sistema de irrigação por superfície, de baixo custo, for adequado à produção econômica da cultura, o uso de aspersão ou irrigação localizada pode não ser justificado.

Custos e benefícios da irrigação

Identificação de custos e benefícios em projetos de irrigação - Os custos e os benefícios econômicos e/ou sociais de um projeto só podem ser definidos em relação aos efeitos que estes produzem nos objetivos fundamentais da economia. Portanto, antes de proceder à identificação dos custos e benefícios devem ser conhecidos os objetivos da política econômica nacional ou regional. Nesse contexto, define-se como benefício o aporte positivo devido à consecução de um ou vários objetivos (aumento do consumo, da produção, das divisas, do emprego, etc.). Define-se como custos aqueles benefícios sacrificados por não utilizar os recursos do projeto (terra, água, capital, mão-de-obra, divisas, etc.) para outros fins.

Tanto os custos como os benefícios de um projeto derivam das obras e atividades conduzidas ao longo da sua vida útil, isto é, no período de tempo em que o projeto serve a um determinado objetivo. Esse período pode variar em função da envergadura do projeto e de sua tecnologia, entre outras variáveis. Desde o início da identificação, seguida da formulação, execução e funcionamento de um projeto, necessitam-se de determinados insumos. Mesmo assim, a partir do momento de sua execução podem ser produzidos efeitos diretos ou indiretos, por exemplo sobre o nível de emprego e sobre o meio ambiente, que serão qualificados como benefícios ou custos segundo o critério adotado.

Por isso, é necessário estabelecer um calendário das obras e atividades do projeto, para localizar os correspondentes custos e benefícios no tempo. Essa necessidade provém do seguinte fato: em geral os indivíduos não são indiferentes perante a alternativa de renunciar ao consumo no

presente para possuir mais no futuro. Como consequência dessa atitude, é diferente o valor do incremento de consumo entre o primeiro ano e, por exemplo, vinte anos mais tarde. Portanto, o valor da produção agrícola não será o mesmo em períodos de tempo diferentes. Os responsáveis pela elaboração técnica do projeto devem fornecer aos avaliadores o calendário de necessidades de insumos e produção de produtos. Uma vez localizados no tempo os custos e os benefícios, procede-se a sua localização no espaço e nos grupos sociais afetados.

Se o projeto é de pequena dimensão, esse processo será realizado de forma mais simples. Mas, no caso de projetos de irrigação de grandes áreas, os futuros incrementos da produção e a demanda de insumos podem alterar os preços dos produtos e dos insumos agrícolas correspondentes. Esse efeito se traduzirá numa redução ou aumento de preços, respectivamente, não só para os agricultores da área irrigada com também para aqueles de outras regiões não favorecidas pelos citados incrementos da produção sob irrigação.

Vê-se, portanto, que o impacto regional ou local de um projeto pode ser muito amplo e, sobretudo, afetar de forma oposta a diferentes grupos sociais. Também podem ocorrer efeitos negativos devido à implantação de um projeto. Por exemplo, os efeitos negativos sobre o ambiente podem se localizar em regiões diferentes daquelas que se beneficiaram do projeto.

Cada projeto apresenta características próprias, não só do ponto de vista técnico, mas também do social e econômico. Isso porque podem ser diferentes os objetivos perseguidos, os grupos de agricultores afetados, o tipo de financiamento e as condições sócio-estruturais das regiões, etc. Tais fatos não permitem que se possa fazer uma lista geral de custos e benefícios válida para qualquer tipo de projeto. Os profissionais responsáveis pela avaliação devem identificá-los em cada caso concreto.

Do ponto de vista privado os custos e benefícios dos bens e serviços utilizados ou produzidos são avaliados pelos preços de mercado onde forem transacionados. Já sob o ponto de vista público o interesse se dirige ao valor social dos bens e serviços o qual nem sempre é refletido nas transações de mercado. Neste caso os preços de mercado poderão ser alterados de forma a virem refletir os preços de conta ou de contabilização desses valores sociais.

Embora os objetivos sejam os mesmos, na análise econômica sob o ponto de vista privado o interesse é apenas em bens e serviços cujo uso ou produção represente uma alteração da situação econômica do grupo privado. Já de um ponto de vista público o enfoque é uma alteração da situação social que possa ser quantificada direta ou indiretamente em termos econômicos.

Custos do projeto - Os custos medem o uso dos recursos e existem muitas maneiras de classificá-los, tendo cada uma sua utilidade. Um analista deve adotar a classificação que lhe parecer mais adequada. Para servir como orientação na identificação de custos, nesse texto eles serão divididos em duas grandes categorias: (a) custos de capital (investimentos), e (b) custos anuais.

(a) **Custos de capital (investimentos)** - são aqueles investidos para materializar o projeto e correspondem a uma parcela de custos fixos. Eles são divididos em custos diretos e indiretos.

- **Custos diretos** - são os necessários para a formação física do projetos, isto é, para aquisição de equipamentos (bombas, motores, turbinas, tubulações, acessórios, etc.), construção de instalações e estruturas (casa de bombas, barragens, canais, tomadas d'água, estruturas de captação de água, etc.), custos de sistematização, de estradas de acesso, de canteiros de obras, de desmatamento, de desapropriações, etc.

- **Custos indiretos** - correspondem aos custos de engenharia, de empreitada (pagamentos ao empreiteiro para construção do projeto), das reservas de contingência (para cobrir custos não previstos na execução do projeto) e aos juros pagos por empréstimos durante a construção do projeto. Os custos de engenharia estão relacionados ao reconhecimento preliminar de campo, aos estudos em escritório, aos serviços de consultoria contratados, ao detalhamento do projeto e sua supervisão e fiscalização, aos estudos necessários à avaliação, seleção, dimensionamento e operação do projeto.

(b) **Custos anuais** - são aqueles que ocorrerão ao longo da operação do projeto. Para fins de análise de investimento a depreciação é considerada apenas indiretamente, isto é, no cálculo do fluxo de caixa. Os custos anuais são subdivididos em:

- **Custos financeiros** - aqueles relativos ao investimento, empreitada ou mesmo aos custos anuais que são financiados e pagos durante a operação. Eles são divididos em pagamento do principal e juros.

- **Custos de operação, manutenção e reposição** - são aqueles necessários para o adequado funcionamento dos elementos que constituem o projeto. Os de operação referem-se aos custos necessários para estabelecer e cumprir a política operacional adotada (mão-de-obra, energia, assistência técnica, combustíveis, lubrificantes, etc.). Os de manutenção referem-se a conservação preventiva e os de reposição à substituição de elementos com avarias ou problemas operacionais. Esses custos agregam os custos administrativos da empresa responsável pela operação do projeto.

- **Tributos e seguros** - constituem os custos que devem ser pagos ao poder público, no caso de taxas, e as empresas seguradoras públicas ou privadas no caso de seguros.

Existe outra categoria de custos induzidos pela existência de externalidades negativas sobre grupos sociais, meio ambiente ou outras atividades. Denomina-se externalidade os efeitos das atividades de produção e consumo que não se refletem diretamente no mercado. As externalidades podem surgir entre produtores, entre consumidores, ou entre consumidores e produtores. Existem externalidades negativas e positivas. São negativas quando a ação de uma das partes impõe custos sobre a outra. São positivas quando a ação de uma das partes beneficia a outra.

Por exemplo, uma externalidade negativa ocorre quando uma usina de açúcar e álcool despeja seus efluentes em um rio, de cuja água os usuários à jusante dependem para produção de alimentos, criação de peixes e outras atividades produtivas. Quanto mais efluentes forem despejados no rio, maiores são os problemas de contaminação e intoxicação de animais e plantas, diminuindo o retorno da atividade agropecuária. A externalidade negativa surge porque a usina não tem incentivo para responder pelos custos externos que está impondo aos outros produtores, quando toma a decisão de produção. Uma externalidade positiva poderia ocorrer quando um proprietário agrícola resolve adotar métodos eficientes de controle de erosão do solo, impedindo o assoreamento do curso d'água do qual ele se beneficia. Todos os vizinhos se beneficiarão dessa atividade, embora a decisão do proprietário não tenha considerado tais benefícios.

Benefícios do projeto - Os benefícios de um projeto abrangem todos os aumentos ou ganhos identificáveis em ativos ou valores, seja em mercadoria, seja em serviços, seja em satisfação subjetiva, direta ou indireta, expressos em valores econômicos ou não. Os benefícios são usados para determinar o tamanho e o propósito de diferentes projetos, comparar méritos econômicos, fazer alocação de custos dos projetos e, em algumas situações, determinar a quantia de ressarcimento. A seguir apresenta-se uma classificação resumida para os benefícios de um projeto de irrigação:

(a) **Benefícios primários** - são aqueles que resultam de ligações físicas com o projeto.

- **Benefícios diretos** - são aqueles que resultam dos objetivos do projeto. Por exemplo, no caso de um projeto de irrigação, os benefícios diretos poderão ser o aumento da renda bruta nas parcelas.

- **Benefícios indiretos** - são aqueles provindos de ligações físicas ou tecnológicas dos resultados do projeto com o ambiente tendo caráter não intencional. Por exemplo, um projeto de irrigação que necessita da construção de um reservatório de regularização de vazões fluviais poderá ter como efeito não intencional o controle de enchentes.

(b) **Benefícios secundários** - são aqueles que ocorrem em função dos estímulos econômicos que o projeto acarreta.

- **Benefícios retrospectivos** - são aqueles que resultam de atividades que produzem insumos para o projeto. Por exemplo, um projeto de irrigação estimula a demanda por tubos, aspersores, bombas hidráulicas, instrumentos para controle da irrigação, fertilizantes, energia elétrica, etc. Isso pode estimular o desenvolvimento de outros projetos que visam a produção desses insumos.

- **Benefícios prospectivos** - resultam de atividades econômicas que utilizam a produção do projeto como insumo. Por exemplo, a produção agrícola de um projeto de irrigação pode estimular

o aparecimento de projetos com o objetivo de processá-la. Também, um projeto de irrigação pode promover o aumento do nível de consumo e do nível de vida da população afetada por ele e esses efeitos positivos podem atingir outros setores da economia (indústria e serviços).

(c) **Benefícios de emprego de mão-de-obra** - relaciona-se aos empregos criados direta ou indiretamente pelo projeto e ocupados pela mão-de-obra ociosa sem o projeto.

Considerações sobre a estimativa de custos

(a) Custos de investimentos

As estimativas de custos baseiam-se, principalmente, em dados existentes. A qualidade dos dados utilizados e a sofisticação das análises devem ser adequados para que se possa tomar decisão se a análise do projeto deveria ou não atingir o nível de viabilidade. Uma das técnicas adotadas para estimar custos é através de curvas de custo em função da capacidade (barragens e reservatórios: custo em função do volume; canal: custo em função da vazão; estação de bombeamento: custo em função da potência). Outra técnica é a comparação com projetos executados e o emprego de simulação. As estimativas de custos dos sistemas de distribuição de água podem ser feitas também com custos por hectare.

Barragens e reservatórios - as estimativas de custos das barragens abrangem, geralmente, seis itens: maciço; fundações; vertedouro; estruturas de tomada d'água; desmatamento, limpeza e relocações (estradas, ferrovias, linhas de transmissão); reassentamento de população e aquisição de terras. Nos estudos de pré-viabilidade, todos os custos de construção de uma barragem de terra, com exceção do vertedouro e das estruturas de tomada d'água, são englobados pelo termo geral maciço. Esse item inclui não apenas os custos de escavação das áreas de empréstimo e a compactação do maciço, como também outros itens, como o desvio do rio durante a construção e proteção dos taludes. Normalmente, as estimativas de custo de maciços de terra homogêneos usadas em estudos de pré-viabilidade são adequadas para seleção do plano final. Como regra geral, nas estimativas em nível de pré-viabilidade, pode-se considerar cerca de 20% dos custos do maciço para as escavações e consolidações da fundação.

Para as barragens de derivação incluem os custos das fundações, da descarga de fundo com comporta, da soleira do vertedouro sem comportas, da tomada d'água que alimenta um canal aberto, dos diques laterais e imprevistos.

Canais - para estimar os custos de um canal, é necessário obedecer a alinhamentos topográficos. Incluem no custo final os seguintes itens: custos da seção do canal, de bueiros, de sifões e de pontes. Num estudo de pré-viabilidade, em torno de 15% dos custos destes itens são atribuídos a estruturas diversas (tomadas d'água, estruturas de medição e controle d'água, etc.) e 20% para estudos, supervisão e administração. Na seleção do projeto final, tais custos devem ser refinados,

podendo ser conveniente que se façam estimativas individuais para essas estruturas. Os custos dos canais secundários (aqueles que conduzem água às áreas agrícolas do projeto) são feitos, em geral, a partir de custos unitários (por hectare). Tais custos são obtidos a partir de uma estimativa de custos para uma área amostra do projeto, sendo então aplicados a todo o projeto.

Estações de bombeamento - estimam-se os custos dos seguintes itens: conjuntos motobomba, estruturas e urbanismo, equipamentos elétricos, redes elétricas, subestações e tubulações de sucção e recalque.

Diques de proteção - necessários para proteger obras do projeto ou áreas do mesmo.

Estradas de acesso - devem ser considerados os custos para construção de estradas e para a melhoria das já existentes.

Investimentos parcelares - vários itens importantes dos investimentos parcelares devem ser estimados em separado, sendo incluídas as análises econômica e financeira. Tais investimentos parcelares são: sistema de irrigação parcelares, drenagem, desmatamento e sistematização, quebra-ventos, correção do solo. Os custos dos sistemas de irrigação abrangem transformadores, estações elevatórias e o equipamento de irrigação e rede de canais parcelares (se houver).

Alguns custos de capital em projetos de drenagem incluem despesas com a regularização de cursos d'água, regularização do terreno, escavação dos emissores, drenos principais e coletores, instalação dos drenos de campo e com aquisição de tubulações. O custo de um projeto de drenagem varia em função das diferenças na intensidade de drenagem exigida (espaçamento e profundidade dos drenos), disponibilidade de maquinaria especializada e materiais, escala do projeto, habilidade e custos da mão-de-obra, existência de concorrência entre empreiteiras, etc.

Duarte (1997), revisando trabalhos desenvolvidos em diferentes regiões dos Estados Unidos, aponta os seguintes custos de instalação para sistemas de drenagem: (a) na região centro-oeste de Minnesota – US\$ 803/ha a US\$ 1.551/ha para drenos tubulares; (b) no Estado de Iowa – US\$ 970/ha a US\$2.046/ha para drenos fechados; (c) no Estado de Virginia – US\$ 753/ha para drenos tubulares espaçados de 40m; (d) no baixo vale do Rio Mississippi – US\$ 776/ha a US\$ 1.678/ha para drenos de PVC corrugado espaçados de 42 e 14 m, respectivamente. O autor relata ainda custos de US\$ 744/ha para projetos em solos arenosos e US\$ 1.116/ha para projetos em solos argilosos, no oeste de Ontário, no Canadá. Para o Brasil são apontados valores da ordem de R\$ 1.000/ha a R\$ 1.500,00/ha para drenagem realizada com drenos abertos e espaçamento variando entre 50 e 100 m.

Ao se analisar o custo de instalação de drenos tubulares por unidade de comprimento, a profundidade de instalação assume grande importância. Geralmente os projetos instalados em regiões úmidas utilizam profundidades de 1 m, enquanto nas zonas semi-áridas, com risco de salinização, as profundidades de 2 m são preferidas, implicando em maior custo da escavação. Drenos mais profundos permitem maiores espaçamentos e, portanto, maior área de captação e uso de tubos de maiores diâmetros, demandando maior dispêndio com envelopes. Duarte (1997) relata

valores que variam desde US\$ 1,25/m para drenos instalados a 1,20 m, na Holanda, até US\$ 8,50/m para drenos instalados a 3,00 m, no Iraque. McMahon et al. (1988) indicam US\$ 2,00/m o custo para drenos instalados a 1,10 m no Estado de Virginia, USA. Já no Imperial Valley, segundo Hermsmeier (1978), os custos são menores, variando de US\$ 1,65/m a US\$ 3,45 para drenos de 75 e 200 mm de diâmetro, respectivamente, instalados a 2,00 m de profundidade.

No Brasil, informações obtidas por Duarte (1997) na CODEVASF, revelam custos de implantação de drenos tubulares na região Nordeste variando de US\$ 2,50/m a US\$ 6,00/m. Batista (1992) cita que nessa região o custo médio é US\$ 4,00 por metro de dreno subterrâneo instalado por empresas privadas, podendo variar de US\$ 2,00/m a R\$ 6,50/m em função da profundidade de assentamento, tipo de envoltório, tipo de solo e do processo de instalação.

Imprevistos - as estimativas de custos de cada item de um projeto devem incluir o item “imprevistos”, destinado a cobrir gastos em condições adversas e inesperadas. Os imprevistos devem ser incluídos em todas as estimativas de custos, em nível de pré-viabilidade e de viabilidade, sendo computados como percentagens dos investimentos a serem somados aos custos de cada componente do projeto. O custo de um componente após a soma dos imprevistos é chamado “custo de campo”. Nas estimativas de custo, no nível de pré-viabilidade, devem ser somados cerca de 30% e cerca de 20% no nível de viabilidade.

Engenharia e despesas gerais - no planejamento em nível de viabilidade, os custos de administração, engenharia e outros custos indiretos são estimados como um percentual dos custos de campo. Nas estimativas de custo ao nível de pré-viabilidade, é suficiente prever 20% a serem somados ao custo de cada componente, antes de ser incluído no quadro comparativo para análise de planos alternativos. No nível de viabilidade, os custos dos projetos finais e da supervisão de obras são considerados como parte desses 20%.

Outros itens - normalmente há outros custos que devem ser considerados, como os de automação, equipamentos de operação e manutenção, centros de operação e manutenção e custos de aquisição de terra para as obras do projeto (barragens, reservatórios, canais e estação de bombeamento). O preço sombra da terra é estimado pelo seu custo de oportunidade, o qual representa o valor presente líquido da produção da área do projeto sem o projeto. Este valor é calculado projetando-se o valor da terra alocada ao projeto no futuro e, através de um orçamento parcelar, determinando-se o valor previsto da produção menos os custos. O valor e os custos de produção entram nesta análise usando-se os preços sombra.

(b) Custos anuais de operação, manutenção e reposição

Os custos anuais de operação, manutenção e reposição (O, M & R) são o valor das mercadorias e serviços para funcionar os elementos do projeto, fazer a conservação preventiva e substituir elementos com avarias ou problemas operacionais. Tais custos incluem, normalmente,

salários do pessoal de operação; custos de mão-de-obra e material necessários para a manutenção e reparos; supervisão; gastos com energia, inspeções e avaliações periódicas e despesas gerais.

Os fatores que afetam os custos da operação e manutenção de sistemas de irrigação são numerosos e variáveis. Devem ser considerados o tamanho do projeto, os custos de mão-de-obra, o relevo e as condições dos solos que têm um papel importante no número e na complexidade das estruturas de controle, a estabilidade dos canais e estruturas, os problemas de sedimentação e as condições de acesso às estruturas do projeto, a distância de adução de água e o bombeamento.

A energia elétrica consumida é calculada em função do volume bombeado, da vazão de bombeamento, da carga dinâmica total e da eficiência global da bomba e do motor. Os custos da energia, incluem, normalmente uma parte relativa à demanda de potência e outra, ao consumo efetivo de energia. Entende-se por demanda, durante qualquer intervalo de tempo, a potência medida por aparelho integrador, correspondendo à média das potências solicitadas pelo consumidor, durante um intervalo de tempo, usualmente 15 minutos, registrado por medidores de demanda. A tarifa de demanda é o valor de 1 kW de potência demandada, que dá direito à sua utilização pelo período de 1 mês. O consumo efetivo de energia refere-se à quantidade de energia elétrica utilizada durante qualquer período de tempo, expressa em kWh. A tarifa de consumo é o valor de venda de 1 kWh de energia consumida.

Os custos de reposição referem-se à substituição de peças ou de todos os componentes principais que fiquem desgastados durante a vida do projeto. Tais custos devem ser incluídos nas análises financeiras e econômicas. Exemplos de componentes para os quais são estimados, são os seguintes: equipamentos hidro-mecânicos e elétricos, tubulações de recalque e demais tubulações pressurizadas, equipamentos de automação, acessórios dos sistemas de irrigação e drenagem e dos equipamentos de operação e manutenção. No planejamento, os custos de reposição de equipamentos podem ser calculados como custos anuais, considerando-se em torno de 30% dos custos totais de O & M.

Segundo Duarte (1997) o custo de manutenção para drenos fechados, em Ontário, Canadá, é estimado em 0,5% do custo de instalação, o que corresponde a valores variando de US\$3,72/ha a US\$ 5,58/ha ao ano e, na região do Imperial Valley, USA, o custo de limpeza com jato d'água pressurizado varia entre US\$ 0,50/m a US\$0,65/m. Para drenos abertos o custo de manutenção assume peso maior.

Considerações sobre a estimativa de benefícios

Os benefícios só podem ocorrer depois que o projeto tenha condições para dar início à distribuição de água. Tais benefícios representam o valor bruto da produção, a ser usado na avaliação dos planos alternativos. Em um projeto de irrigação e drenagem, o benefício primário

direto é o acréscimo do lucro líquido anual pelo aumento da produtividade em função de possibilitar a incorporação de áreas anteriormente secas, alagadas ou salinizadas ao processo produtivo.

Os projetos de desenvolvimento de recursos hídricos, principalmente públicos, tais como projetos de irrigação, podem destinar-se a vários usos além da irrigação, como geração de energia elétrica, controle de enchentes, abastecimento urbano e industrial e recreação. Nesses projetos para fins múltiplos, devem ser estimados os benefícios atribuíveis a cada uso; os custos, por sua vez, devem ser alocados a cada uso, de modo que, na formação do plano, deve-se maximizar o valor total dos benefícios líquidos resultantes.

Durante os primeiros anos de operação, os projetos de irrigação passam por um processo de “maturação”, definido como tempo necessário para que o novo projeto atinja o nível de plena produção, conforme planejado. De um modo geral, esse nível é alcançado mais rapidamente em projetos privados do que em projetos públicos, sobretudo quando estes são grandes e complexos.

Os projetos públicos levam mais tempo para alcançar a plena produção devido a sua maior complexidade, a duração do período de implantação e os problemas iniciais de assistência técnica. Em geral, considera-se um período de maturação de três a cinco anos. Para um período de 5 anos, por exemplo, admite-se produção nula nos dois primeiros anos, passando a 30% das metas no terceiro, a 60% no quarto e plena produção somente no quinto ano. Os investimentos ocorreriam nos quatro primeiros anos e os custos de produção, a partir do terceiro. Quando os solos são classificados de acordo com uma metodologia de classificação econômica das terras para irrigação, é preferível estimar os benefícios por classe de terra.

Os custos e os benefícios decorrentes de um projeto de irrigação e drenagem ocorrem em diferentes épocas ao longo de sua vida útil. A fase inicial do cálculo econômico consiste em avaliar os custos e receitas anuais para uma série de anos. Para isso, são realizados estudos ano a ano sobre os custos e os benefícios para situações correspondentes à presença e à ausência do projeto. A diferença entre tais situações fornece duas séries, isto é, uma que revela o incremento anual dos custos e, a outra, o incremento anual dos benefícios. A partir dessas séries são calculados índices de rentabilidade.

Em geral os maiores investimentos ocorrem na fase de implantação do projeto enquanto as receitas ocorrem depois que o projeto atinge seu potencial pleno. Economicamente, a época em que os recursos são aplicados ou recolhidos tem importância fundamental, pois uma determinada soma de capital no tempo presente vale mais do que a mesma quantidade dez anos após. Assim, para o cálculo dos índices de rentabilidade, os valores monetários que constituem as séries de incrementos de custos e benefícios devem ser transformadas em valores correspondentes a um momento de referência. Para efetuar essa transformação é necessário adotar um determinado valor para a taxa de juros anual. O valor adotado influencia diretamente a estimativa da rentabilidade do projeto. No caso da drenagem, por exemplo, adotando-se valores mais altos, a

preservação da área em seu estado natural tende a ficar mais atrativa do que a drenagem, pois o valor presente dos benefícios proporcionados pelo projeto tende a reduzir.

A escolha do valor para a taxa de juros para projetos de longa duração não é tarefa fácil, principalmente em países de grande instabilidade econômica. Na literatura especializada são sugeridos valores entre 8% e 15% ao ano.

O valor presente líquido do projeto pode ser definido como a diferença entre os benefícios e os custos (quando não há produção antes do projeto) ou a diferença entre os incrementos nos benefícios e nos custos (quando existe uma atividade produtiva mesmo sem o projeto), obtida através da transformação das séries de custos e benefícios correspondentes à vida útil econômica do projeto para um ano de referência.

A razão benefício/custo (B/C) é outro índice de rentabilidade amplamente utilizado em análise de empreendimentos agrícolas públicos. Essa relação é definida como o quociente do valor atualizado dos benefícios (ou incrementos de benefícios) e dos custos e avalia quanto o projeto remunera por unidade de investimento. O desejável é que o valor calculado da razão B/C seja maior que a unidade. Se for inferior a um, significa que a taxa interna de retorno a ser obtida com o capital investido é menor que a taxa de juros utilizada. Se for igual a um, então a taxa de juros utilizada coincidirá com a taxa interna de retorno.

A avaliação completa dos benefícios do projeto deveria incluir todos os efeitos favoráveis, de âmbito restrito ou amplo, para onde quer e para quem quer que fossem dirigidos, dentro da área do projeto ou além dela, reconhecendo também as transferências, cancelamentos e deduções por conta de efeitos negativos em terceiros. Entretanto, isso não é factível, mesmo em termos não monetários, além de ser desnecessário porque a avaliação de projetos não é pesquisa e sim um apoio para os administradores, legisladores e pessoas interessadas na decisão de se realizar o projeto. O melhor a ser feito é uma avaliação dos efeitos mais importantes e prontamente identificáveis na área de influência do projeto, bem como de sua importância para a nação, a bacia fluvial ou a região, o estado ou o município e para o próprio local de implantação.

O problema em se fazer uma avaliação de benefícios decorre do fato de que eles são apenas parcialmente suscetíveis de análises objetivas em termos de métodos estatísticos e econômicos. Por exemplo, é relativamente fácil falar de irrigação em termos econômicos, porque seus benefícios são medidos por produção e venda. Já no caso de salvamento de vidas pelo controle de enchentes, os benefícios não podem ser expressos em valores econômicos. As limitações legais e institucionais específicas também produzem métodos de cálculo e análise que nem sempre se ajustam a princípios rigorosos de lógica econômica.

Assim, apesar das variações nos métodos de análise de benefícios, há um consenso sobre o modo pelo qual os benefícios são usados nos julgamentos de projetos. Para que eles possam ser usados na análise de um projeto, devem ser reduzidos a um denominador monetário comum. Alguns benefícios, obviamente, não são suscetíveis de avaliação monetária (benefícios

intangíveis), mas têm importância e devem ser considerados paralelamente aos benefícios tangíveis.

Para os projetos de irrigação e drenagem, existem duas formas internacionalmente aceitáveis para considerar os benefícios: (a) pelo aumento do valor bruto da produção (entre as situações “sem” projeto e “com” projeto), ou seja, a soma dos aumentos de produção por produto, multiplicados pelos respectivos preços ao produtor; (b) pelo aumento do benefício líquido parcelar (entre as situações “sem” e “com” projeto), ou seja, o incremento do valor bruto da produção agrícola menos o aumento dos custos desta produção. Quando os benefícios são pela primeira forma, todos os custos parcelares de investimento de irrigação e produção agrícola têm que ser considerados na análise de custo.

A produção agrícola, multiplicada pelo preço pago ao produtor, resulta no benefício bruto da irrigação (receita bruta) utilizado na análise financeira. No caso da análise econômica são usados os preços sombra. Normalmente, no nível de viabilidade, são elaboradas contas culturais e orçamentos parcelares detalhados específicos para o projeto. No nível de pré-viabilidade, procura-se utilizar dados de projetos existentes, ou de bons estudos de viabilidade, referentes a projetos similares na área.