

# CAPÍTULO 9

## 9 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IRRIGAÇÃO

*Flávio Gonçalves Oliveira e João Batista Ribeiro da Silva Reis*

### Resumo

Embora a irrigação possa trazer muitos benefícios aos agricultores, os riscos da adoção de uma agricultura irrigada devem ser criteriosamente estudados e analisados, objetivando-se sempre que o incremento nos rendimentos seja maior que os custos de produção. Existem vários métodos relacionados a viabilidade econômica para auxiliar na tomada de decisão, como exemplos, Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e Payback. Para permitir melhor entendimento desses conceitos, neste capítulo é apresentado um exemplo que pode esclarecer a utilização com maior eficiência de índices econômicos para tomada de decisão mais assertiva no tocante à aquisição de um sistema de irrigação. O estudo demonstrado está relacionado ao dimensionamento de um projeto de irrigação por microaspersão que foi realizado para a cultura da bananeira, considerando as condições edafoclimáticas do município de Janaúba, Minas Gerais. Análises econômicas foram realizadas para cinco projetos em função da jornada diária de irrigação, subtraindo-se o horário de pico devido a cobrança de valor taxativo mais elevado pelo uso da energia e considerou-se o uso da irrigação no período noturno em que se tem um desconto no valor da tarifa de consumo da energia. O sistema dimensionado para uma jornada de 9 horas diárias apresentou maior viabilidade econômica em todos os índices analisados, ou seja, com a utilização do Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e PayBack.

### 9.1 Introdução

A irrigação é uma tecnologia que requer investimentos significativos e está associada à utilização intensiva de insumos agrícolas, tornando importante o estudo econômico dos componentes envolvidos no sistema (SILVA *et al.*, 2007).

A propriedade agrícola deve ser tratada como empresa, cabendo ao produtor rural realizar um estudo de viabilidade econômica para a cultura a ser implantada, levando em conta o histórico climatológico, logística e o estudo de mercado (FRIZZONE, 1999). Na análise de viabilidade econômica o produtor terá como estimar os custos, as receitas e os benefícios da implantação da irrigação, e assim, saberá se é viável ou não fazer o investimento no sistema de irrigação, qual sistema é mais viável a ser implantado, qual o tipo de bombeamento, qual a jornada de trabalho do sistema de irrigação e em qual época do ano é mais viável plantar e colher.

Os sistemas de irrigação são projetados para terem uma vida útil de muitos anos, assim sendo, não podemos desprezar a importância dos custos operacionais com energia, que estão diretamente relacionados ao tempo de irrigação diário, às demandas hídricas e ao seu manejo.

O modelo determinado por Marques *et al.* (1999), através de equações, calcula os custos fixos (CF), custos variáveis (CV), custos totais anuais (CT), receitas, benefício líquido (BL) e o benefício/custo (B/C). Por meio desses parâmetros é possível avaliar a viabilidade do investimento. Este modelo apresenta resultados de fácil entendimento ao produtor rural (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

Embora a irrigação possa trazer muitos benefícios aos agricultores, os riscos da adoção de uma agricultura irrigada devem ser criteriosamente estudados e analisados, objetivando-

se sempre que o incremento nos rendimentos seja maior que os custos de produção. Segundo Silva *et al.* (2003), o custo da irrigação pode ser previsto por meio de uma avaliação econômica, na qual se estimam todos os dispêndios e retornos anuais esperados no projeto agrícola. O resultado dessa avaliação econômica indicará se é interessante ou não a implantação de um sistema de irrigação.

Para que exista sucesso em um investimento, tem-se a necessidade de atentar aos custos e benefícios que serão obtidos, assim como aos recursos necessários para implantação do determinado projeto (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

## 9.2 Análise de viabilidade econômica

A viabilidade econômica considera a rentabilidade de um determinado investimento através da projeção do dinheiro no tempo, considerando os custos e benefícios trazidos por esse investimento. Já a viabilidade financeira avalia a disponibilidade de recursos para realização de um investimento, considerando os valores de investimento, os custos, rendimentos e receitas, entre outros (HARTZER *et al.*, 2013).

Na agricultura irrigada, uma produção eficiente e rentável deve constituir o principal objetivo econômico, buscando sempre receitas maiores que os custos ou, no mínimo, que as receitas e despesas sejam iguais. Desta maneira, é importante conhecer o grau de risco envolvido na aquisição de novas tecnologias. Estes riscos são decorrentes de incertezas econômicas proporcionadas pela variação do preço de venda do produto, taxa de juros, custos da água, vida útil do sistema de irrigação e taxa de manutenção ocorrida com o manejo do sistema de irrigação, bem como variação na produtividade ao longo dos anos (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

Ao se fazer a análise econômica da atividade produtiva, podem-se encontrar diversas condições, dependendo da posição do preço (ou receita média), em relação aos custos e cada qual sugerindo uma particular interpretação (VILAS BOAS *et al.*, 2011).

Atualmente, a análise da viabilidade de equipamentos não consiste apenas de caracterização técnica, devendo-se ter, necessariamente, uma avaliação econômica que considere as peculiaridades de cada caso, confrontando benefícios e custos, preferencialmente em âmbito anual (COELHO, 1979; FRIZZONE *et al.*, 1994).

Entre os componentes que formam o custo variável destacam-se energia elétrica e mão-de-obra para o manuseio do equipamento. Estes custos estão associados com a área a ser irrigada, com o número de horas de irrigação por dia, e com a potência instalada por hectare, preço do equipamento de irrigação, incluindo todos os seus componentes (bomba, tubo gotejador, válvulas, motor etc.) e vida útil dos componentes do sistema de irrigação. A quantidade de energia necessária para transportar a água do local de captação à área a ser irrigada é muito variável, o consumo total depende: da energia para fornecer a quantidade de água demandada na área irrigada; da quantidade de água a ser aplicada; da energia hidráulica exigida pelo sistema de irrigação; e da eficiência total do sistema de bombeamento (SCALOPPI, 1985).

A jornada de irrigação comumente é escolhida de maneira arbitrária, e exclusivamente por questões de jornada de trabalho comum para a operação, ou taxa reduzida em horário noturno. É comum não se analisar o valor de potência mais eficiente, que relacione gasto energético com custo de implantação do sistema, em suas condições locais.

Estudos envolvendo o consumo e despesas com energia e água para a irrigação são importantes, pois o custo com energia, na maioria das vezes, constitui-se como o principal item do custo variável, podendo chegar até 70% dependendo do método utilizado (MELO, 1993; FRIZZONE *et al.*, 1994).

Existem diversos métodos utilizados para avaliar a viabilidade econômico-financeira de um investimento e a avaliação significa reunir argumentos e informações para construir os fluxos de caixa esperados em cada um do período desse investimento e aplicar técnicas que possam evidenciar se as futuras entradas de caixa compensam a aplicação do investimento (SOUSA, 2007).

Para a realização de um projeto é necessário, obviamente, estabelecer uma tomada de decisão que tenha critérios técnicos. O método mais eficiente e bastante útil é simular o investimento a partir de algum modelo, no entanto poderá ser gerado fluxos de caixa com o investimento feito. Existem vários métodos para auxiliar na tomada de decisão, como exemplos, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback.

O Valor Presente Líquido resulta em um excedente ou em perda de riqueza no final do período comparado ao valor investido no projeto considerando todos os fluxos de caixa. Para gerar excedente, seu valor precisa ser maior que zero e se caso ocorra o contrário, implica-se na geração de um prejuízo com aquele custo de capital.

Para Casarotto Filho e Kopittke (2008), o VPL é descrito, algebricamente, como o somatório dos fluxos de caixa descontados do projeto em análise. Como temos que considerar o valor do dinheiro no tempo, não se pode somar diretamente os fluxos de caixa envolvidos sem antes ajustá-los a uma taxa de desconto. Escolhe-se a opção que apresenta melhor valor presente líquido. A taxa utilizada para desconto do fluxo (trazer para o valor presente) é a taxa mínima de retorno.

Conforme Hirschfeld (1989), o método do valor presente líquido, tem como finalidade determinar um valor no instante considerado inicial, a partir de um fluxo de caixa formado de uma série de receitas e dispêndios.

A Taxa Interna de Retorno é a taxa de juros recebida para um investimento que consiste em pagamentos (valores negativos) e receitas (valores positivos) que ocorrem em períodos regulares. Nos valores do fluxo de caixa para o cálculo, deve conter pelo menos um valor positivo e um negativo para calcular a Taxa Interna de Retorno, assim obtivemos no ano zero um valor negativo (já que é um desembolso) e os demais positivos. A TIR está intimamente relacionada com VPL, e seu valor será obtido quando o Valor Presente Líquido for igual a zero. Assim, quando o custo de capital for menor que a TIR o projeto é aceito (VPL maior que zero).

Conforme Newnan e Lavelle (2000), a taxa interna de retorno é definida como a taxa de juros pago sobre o saldo devedor de um empréstimo, de tal forma que o esquema de pagamento reduza a zero esse saldo quando se faz o pagamento.

Ainda para os autores, ocorre a taxa interna de retorno como a taxa de juros ganho sobre o investimento não recuperado, de tal forma que o esquema de pagamento reduza a zero o investimento não recuperado no final da vida do investimento.

A NBR 14653-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002), refere-se a TIR, como sendo a taxa de juros que anula o fluxo de caixa descontado de um investimento.

O método de Payback considera o tempo de retorno do capital. Indica o prazo máximo para a recuperação do investimento, podendo assim analisar a viabilidade do projeto. O valor investido é somado, período a período aos fluxos de caixa líquidos gerados, para obter o tempo de recuperação do investimento inicial. Ocorre quando a soma dos fluxos de caixa futuros se iguala ao investimento aplicado inicialmente (BORDEAUX-RÉGO *et al.*, 2010).

Considerado por Casarotto Filho e Kopittke (2008), o principal método não exato, mede o tempo necessário para que o somatório das parcelas anuais seja igual ao investimento inicial.

Genericamente pode-se dizer que registra o tempo médio para os fluxos de caixa se equipararem ao valor do investimento.

A NBR 14653-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002), define o Payback como sendo o período no qual os resultados líquidos acumulados da operação do empreendimento equivalem aos investimentos.

### 9.3 Irrigação localizada

A agricultura irrigada é de fundamental importância, pois através dela há maior oferta de empregos, desenvolvimento de regiões incluindo-a em possível estado de competitividade. Constitui fonte de oferta permanente (todos os meses do ano) de matérias primas para a indústria alimentar e de produtos energéticos (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2007).

Em relação ao sistema de microaspersão, que é amplamente utilizado e difundido no semiárido norte mineiro e baiano, é um sistema de irrigação localizada. Irrigação localizada é um método de irrigação em que a água é aplicada na área ocupada pelas raízes das plantas, em intensidades que variam de 1 a 160 litros por hora, porém com alta frequência (turno de rega de um a quatro dias), com o objetivo de manter a umidade do solo na zona radicular próxima a capacidade de campo (BERNARDO *et al.*, 2019)

Existem trabalhos com sistemas de irrigação localizada, como é o exemplo do realizado no Distrito de Ceraíma, em Guanambi, Bahia, em que, na cultura da mangueira, verificou-se a Taxa Interna de Retorno de 30% e 40% ao ano, o Valor Presente Líquido positivo de R\$165.984,19 e R\$257.427,08, e PayBack de 6 e 5 anos, para o plantio tradicional sob microaspersão e superadensado sob gotejamento, respectivamente. Esses valores demonstram que os sistemas de produção irrigada são viáveis economicamente, entretanto, o sistema de plantio superadensado irrigado por gotejamento tem melhores índices e por isso melhor viabilidade (OLIVEIRA *et al.*, 2021). Ainda neste trabalho, verificou-se que é viável o uso dos sistemas de irrigação na produção de manga 'Palmer', entretanto, no plantio tradicional sob microaspersão, o produtor terá retorno financeiro após o sexto ano de cultivo desde que consiga fazer a indução floral para colheita no mês de maio. Por outro lado, no plantio superadensado sob gotejamento, no quinto ano o produtor consegue o retorno financeiro mesmo com colheita da produção nos meses de novembro a janeiro, onde os preços são menores.

Em estudo realizado no Cerrado goiano, os valores encontrados da TIR com dez anos de investimento foram muito superiores aos 15% utilizados como taxa de juros do empreendimento, mostrando a grande viabilidade da produção das cultivares de banana que foram avaliadas, com ou sem irrigação. Em relação ao Payback obtido, foi verificado que, com a utilização da irrigação por microaspersão, todas as cultivares apresentaram um período de retorno de dois anos, enquanto, sem a utilização de irrigação as cultivares BRS Japira e BRS Platina apresentaram período de retorno de 3 anos. Isto demonstra que, mesmo com o maior investimento inicial, a utilização da irrigação propiciou com maior rapidez um retorno do capital inicial investido. O Valor Presente Líquido (VPL) observado nesta avaliação econômica, em dez anos de projeto, na cultivar SH3640 Graúda apresentou o maior valor (105.912,90 R\$ ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>). A maior lucratividade desta cultivar pode estar associada a boa produção no manejo com irrigação (28,791 kg ha<sup>-1</sup>), visto que, o sucesso da irrigação depende da resposta do cultivar ao acréscimo do regime hídrico (COUTO *et al.*, 2020).

Em sistemas irrigados, caso haja maior investimento em outros insumos (principalmente nutrientes), a produtividade tende a aumentar (FURLANETO *et al.*, 2007). Mas o uso de irrigação isolado pode gerar maior suporte hídrico para as plantas, mas deixa escasso o aporte nutricional. Dessa forma, a utilização isolada da irrigação aumentaria os custos

exponencialmente e a produção não acompanharia esse acréscimo. Portanto, para que a irrigação tenha efeitos satisfatórios, todos os demais manejos devem estar equilibrados.

Para permitir melhor entendimento dos conceitos acima especificados apresenta-se a seguir um exemplo que, esperamos, possa elucidar melhor a utilização de índices econômicos para tomada de decisão mais assertiva no tocante à aquisição de um sistema de irrigação.

#### 9.4 Implantação do modelo de viabilidade econômica

O exemplo a ser demonstrado está relacionado ao dimensionamento de um projeto de irrigação por microaspersão que foi realizado para o cultivo da bananeira, considerando as condições edafoclimáticas do município de Janaúba, Minas Gerais. Análises econômicas foram realizadas para cinco projetos em função da jornada diária de irrigação, subtraindo-se horário de pico devido a cobrança de um valor taxativo mais elevado pelo uso da energia e considerou-se o uso da irrigação no período noturno em que se tem um desconto pelo uso da energia e incentivado pelo governo.

Assim, o dimensionamento ocorreu de forma a obter pouca variação na utilização de equipamentos e materiais do projeto com sistemas mais viáveis de serem instalados.

##### 9.4.1 Dados da área irrigada

Para implantar um bom projeto, necessita-se de uma base de dados específicos do local a que se pretende realizar o empreendimento.

Os dados obtidos foram de tamanho da área, tipo de solo, topografia do terreno e dados climatológicos (equivalentes às médias históricas da região norte mineira).

A área a ser cultivada foi escolhida de 20 hectares, com declividade de 3%.

Segundo revisão de literatura, usou-se o valor de 6,2 mm dia<sup>-1</sup> para a evapotranspiração de referência e um coeficiente da cultura de 1,2, resultando na evapotranspiração da cultura de 7,4 mm.dia<sup>-1</sup>.

A altitude local é de 516 m, com latitude de 15° 47' 29" S, longitude de 43° 17' 88" E, precipitação pluvial média anual de 800 mm, sendo o clima classificado como Aw (tropical de savana), pela classificação de Köppen-Geiger (ALVARES *et al.*, 2013).

##### 9.4.2 Dimensionamento

No dimensionamento dos projetos de irrigação definiu-se a lâmina, tempo de utilização, cálculo da vazão, dimensionamento do sistema hidráulico (incluindo o conjunto motobomba).

##### 9.4.3 Definição da lâmina de irrigação

A lâmina de irrigação aplicada corresponde ao fator de cobertura e principalmente à evapotranspiração que varia em função da cultura, pelo seu ciclo fenológico, bem como das condições climáticas da região, como precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Como o local escolhido está incluso na região semiárida, não se considera a precipitação efetiva.

A evapotranspiração da cultura é definida pela Equação 1.

$$ET_c = ETo \cdot Kc \quad (1)$$

em que  $ET_c$  se refere à evapotranspiração da cultura (mm dia<sup>-1</sup>);  $ETo$  à evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>); e  $Kc$  ao coeficiente da cultura, adimensional.

A evapotranspiração para a irrigação localizada (Equação 2).

$$ET_{il} = ET_c \cdot F_c \quad (2)$$

em que  $F_c$  se refere ao Fator de cobertura, adimensional; e  $ET_{il}$  à evapotranspiração para irrigação localizada ( $\text{mm dia}^{-1}$ ).

E a lâmina líquida foi definida pela Equação 3.

$$LL = ET_{il} - P_e \quad (3)$$

Em que  $LL$  se refere à Lâmina líquida ( $\text{mm dia}^{-1}$ ); e  $P_e$  à precipitação efetiva ( $\text{mm dia}^{-1}$ ).

A lâmina bruta foi definida a partir da lâmina líquida (Equação 4).

$$LB = LL / E_a \quad (4)$$

em que  $LB$  se refere à lâmina bruta ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  $LL$  à lâmina líquida ( $\text{mm dia}^{-1}$ ); e  $E_a$  à eficiência do sistema, adimensional.

Obteve-se um valor de  $7,4 \text{ mm dia}^{-1}$  para lâmina líquida e  $8,26 \text{ mm.dia}^{-1}$  para a lâmina bruta, através de 90 % de eficiência, índice comumente utilização em irrigação localizada.

#### 9.4.4 Tempo de utilização

Considerou-se o tempo da jornada de irrigação no período entre 9 e 21 horas diárias. Sendo que jornadas de 9 horas por dia já contemplam toda a faixa de tarifa reduzida do período noturno, não se justificando avaliar jornadas menores que esse valor. Para jornadas superiores a 21 horas diárias, necessariamente, o sistema de irrigação seria utilizado em horário de ponta, onde o custo do consumo chega a ser muito mais caro. Logo foram utilizadas para dimensionamento as jornadas: diárias de 9h, 12h, 15h, 18h e 21horas.

#### 9.4.5 Cálculo da vazão

Após ser feito cálculos de tempo de operação e número de setores, dividiu-se a área em blocos definindo quantos blocos seriam irrigados simultaneamente resultando em um setor. Como cada projeto terá uma jornada diferente, conseqüentemente terá uma vazão diferente e um número e tamanho de setor diferente. Dessa forma, utilizou a equação 5 para o cálculo da vazão.

$$Q_s = 10 \cdot [AS / A_p] \cdot N_e \cdot q_e \quad (5)$$

em que  $Q_s$  se refere à vazão do sistema,  $\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$ ;  $AS$  à área do setor, ha;  $A_p$  à área por planta,  $\text{m}^2$ ;  $q_e$  à vazão do emissor,  $\text{L h}^{-1}$ ; e  $N_e$  ao número de emissores por planta.

#### 9.4.6 Dimensionamento hidráulico

A partir do resultado da vazão necessária para cada sistema de irrigação, dimensionou-se todo o sistema hidráulico respeitando os critérios de irrigação. Um dos critérios padrão durante o dimensionamento foi o de velocidade da água dentro dos tubos, sendo valor próximo de  $1 \text{ m s}^{-1}$  na sucção e próximo de  $1,5 \text{ m s}^{-1}$  na adução e linha principal. Outro critério utilizado foi a variação de pressão em cada linha subunidade operacional, garantindo uma variação máxima de 20 % da pressão de serviço média dos emissores, garantindo uma uniformidade adequada nos projetos.

#### 9.4.7 Cálculo dos custos

Em decorrência do dimensionamento dos projetos de microaspersão, obteve-se a relação dos materiais e equipamentos para a sua implantação. Através dessa relação, foi feito

um orçamento em empresas do ramo em Montes Claros, Minas Gerais, no mês de abril de 2021. De posse do orçamento de cada projeto, compararam-se os preços entre si.

#### 9.4.8 Custo de energia

Os cálculos do consumo e do custo de energia elétrica foi feito com base na potência e no horário de utilização, utilizando-se as equações 6 e 7.

$$CM = (Pn \cdot 0,736 \cdot IC) / (\eta \cdot FP) \quad (6)$$

em que Pn se refere à potência nominal (cv); 0,736 ao fator de conversão (cv kW<sup>-1</sup>);  $\eta$  à eficiência do motor, adimensional; IC ao índice de carregamento (adimensional); FP ao fator de potência, adimensional; e CM ao consumo médio (KWh).

$$V_{\text{consumo}} = TC \cdot CM \quad (7)$$

em que Vconsumo se refere ao valor de consumo; TC à tarifa de consumo (R\$ kWh<sup>-1</sup>); CM ao consumo medido (kWh).

Multiplicou o consumo pela jornada utilizada em cada projeto e obteve o consumo diário. Usou-se o cálculo de tarifa reduzida em 9 horas de cada projeto, com valor da tarifa reduzida em 73%, e o restante do dia para cada projeto usou-se o valor de tarifa normal para zona rural. A partir daí, considerou-se a utilização de 270 dias de irrigação por ano. O valor utilizado para a tarifa energética da CEMIG foi de R\$0,66301 por kWh, valor este vigente em abril de 2021.

#### 9.4.9 Análise econômica

Para a realização de um projeto é necessário, obviamente, tomada de decisão que tenha critérios técnicos. O método mais eficiente e bastante útil é simular o investimento a partir de algum modelo, assim poderão ser gerados fluxos de caixa com o investimento feito. Existem vários métodos para auxiliar na tomada de decisão. O Payback, o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) foram os métodos escolhidos.

Como não existem receitas nesses sistemas, foi preciso confrontar todos os custos com uma jornada padrão, e foi escolhida a jornada de 21 horas para realizar tais análises.

Antes de fazer esse confronto, determinou-se para cada projeto, um fluxo de caixa anual cujo período em análise foi de 20 anos. Cada fluxo de caixa levou em consideração os seguintes itens de custos: custos de energia, manutenção e depreciação. A partir do fluxo de caixa anual de cada projeto, realizou-se o confronto de cada projeto pelo projeto que utilizou o tempo de 20 h/dia. Esse confronto se refere à subtração dos valores encontrados no projeto de 21 horas diárias pelos valores de cada projeto com os tempos de 9, 12, 15 e 18 horas diárias.

O custo de manutenção foi estimado em 5% do custo de implantação, isso significa que, existem gastos anuais para manter o sistema funcionando.

A depreciação foi calculada a partir da equação 8.

$$DA = (V_i - V_f) / VU \quad (8)$$

em que DA se refere à depreciação anual (R\$ ano<sup>-1</sup>);  $V_i$  ao valor de implantação (investimento), R\$;  $V_f$  ao valor final dos equipamentos do sistema, R\$; e VU à vida útil do sistema, anos.

O valor final foi considerado nulo, já que os equipamentos do sistema não serão vendidos durante ou após a análise. A vida útil do sistema foi considerada 20 anos.

A taxa de juros foi considerada a um valor de 6% ao ano do valor investido (implantação).

Após realizar todos esses cálculos para cada jornada, foi feito o confrontamento desses valores das jornadas de 9, 12, 15 e 18 horas com os valores da jornada de 21 horas. Esse confrontamento é feito pela subtração do valor de implantação, custo de energia anual, depreciação e custo de manutenção da jornada de 21 horas pelos valores das jornadas de 9, 12, 15 e 18 horas.

Ao se obter esses dados, usou-se as análises econômicas.

#### 9.4.10 Valor presente líquido

O valor presente líquido foi determinado conforme equação 9.

$$VPL = -I \sum_{t=1}^n \frac{FCt}{(1+r)^t} + \frac{VR}{(1+r)^n} \quad (9)$$

em que I se refere ao investimento inicial; FCt ao fluxo de caixa líquido no ano "t"; r à taxa de desconto definida pela empresa, ou taxa de juros considerada; e VR ao valor residual do projeto ao final do período de análise (enésimo período).

A taxa de desconto definida foi de 6% ao ano, o valor residual VR foi considerado nulo (não será retirado o sistema implantado no local, ou seja, não será vendido).

Assim, realizou-se o cálculo do VPL através dos valores dos itens confrontados.

O projeto é considerado viável economicamente quando o VPL é positivo para uma análise de 20 anos nesse exemplo, e, o maior valor VPL representa maior viabilidade.

#### 9.4.11 Taxa interna de retorno

A taxa interna de retorno (TIR) é a taxa de juros recebida para um investimento que consiste em pagamentos (valores negativos) e receitas (valores positivos) que ocorrem em períodos regulares, o período regular neste caso foi de 20 anos. Nos valores do fluxo de caixa para o cálculo, deve conter pelo menos um valor positivo e um negativo para calcular a taxa interna de retorno, assim obtivemos no ano zero um valor negativo (já que é um desembolso) e os demais positivos. A TIR está intimamente relacionada com VPL, e seu valor será obtido quando o Valor presente líquido for igual a zero. Assim, quando o custo de capital for menor que a TIR, o projeto é aceito (VPL maior que zero) e o projeto que apresenta maior TIR é o mais rentável.

#### 9.4.12 Payback

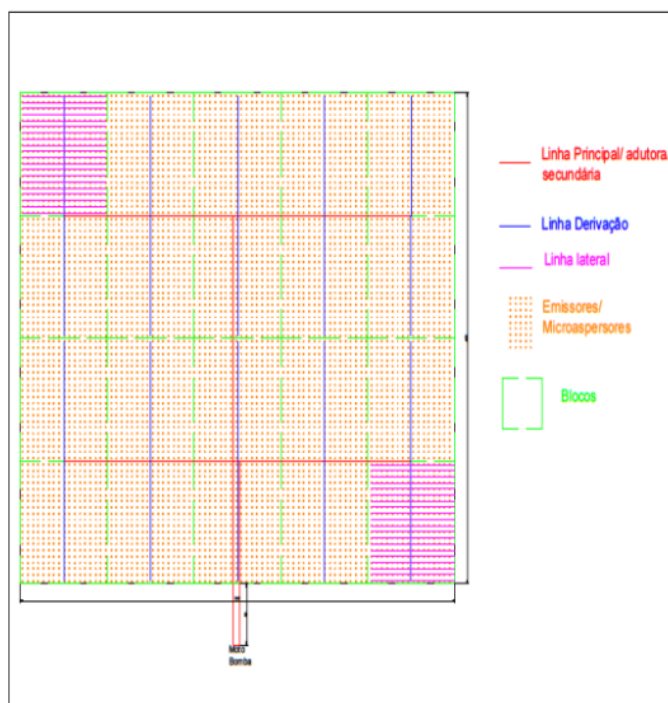
Para saber em quanto tempo o valor investido será recuperado, foi realizado o método de análise Payback e para isso foi realizado o cálculo de valores cumulativos dos fluxos de caixa, onde o payback é encontrado quando o fluxo de caixa acumulado é igual a zero.

### 9.5 Resultados obtidos

A redução dos custos em um projeto é de fundamental importância em seu dimensionamento. Assim, os cinco projetos foram dimensionados de forma a reduzir os custos.

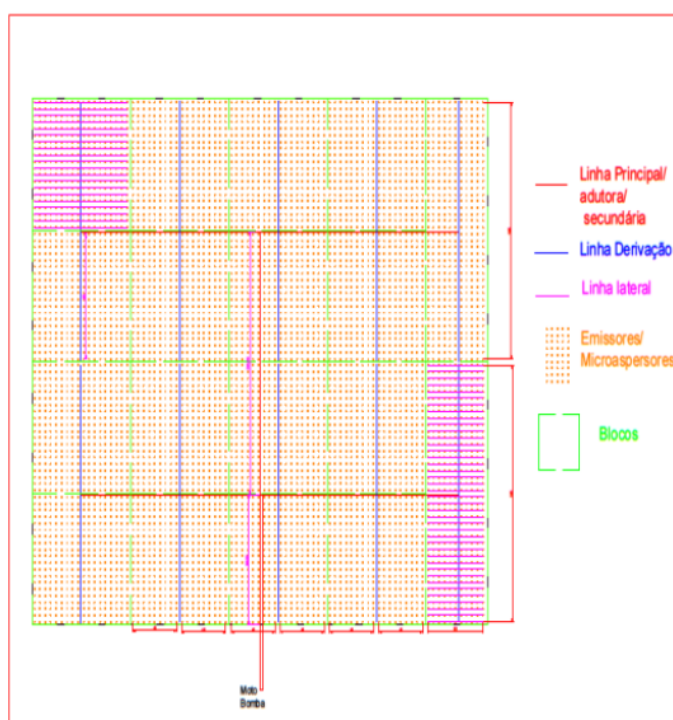
Por isso, a área foi dividida em blocos irrigados para uma redução de custos em sistemas de irrigação por ser uma alternativa de diminuição da vazão de projeto.

A Figura 1 mostra como foi realizada a divisão da área em blocos, esses por sua vez, formam setores dependendo da vazão de cada projeto. O layout da figura refere-se apenas para as jornadas de 9, 15 e 18 horas, sendo a área de 1 hectare para cada bloco resultando em 20 blocos.



**Figura 1. Divisão de blocos das jornadas 9, 15 e 18 horas diárias.**

A Figura 2, já se refere às jornadas de 12 e 21 horas com divisão de blocos com 1,1 hectare cada.



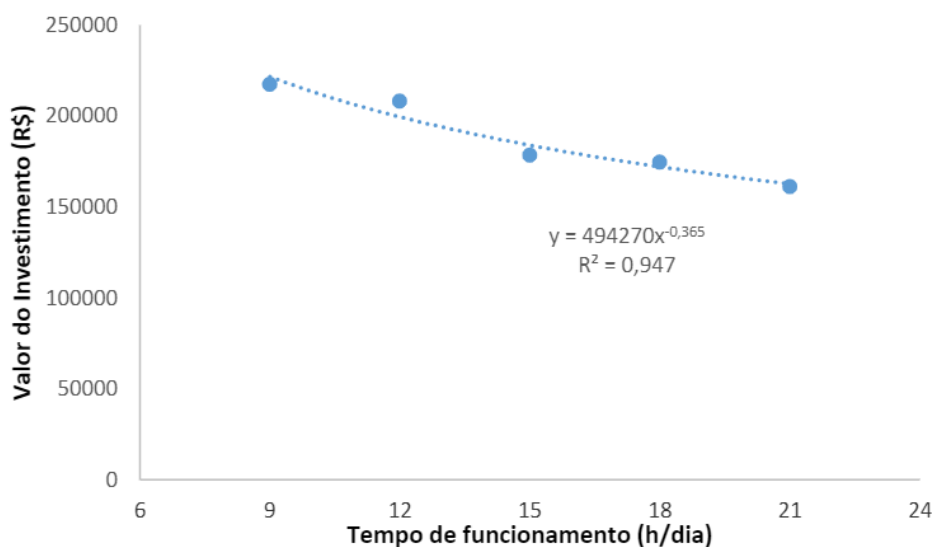
**Figura 2. Divisão de blocos das jornadas 12 e 21 horas diárias.**

### 9.5.1 Análise custo de implantação

Para cada projeto dimensionado, obteve-se uma vazão e um conjunto motobomba de potência diferente, devido ao fato de que foram diferentes jornadas diárias alterando assim o valor da vazão e conseqüentemente a potência da bomba, já que essa é definida em função da vazão e da altura manométrica. A altura manométrica teve uma variação máxima de 10% entre os projetos dimensionados devido a mudança de diâmetro na tubulação alterando a perda de carga e essa perda teve pouca alteração pelo fato de todos os projetos serem dimensionados com um mesmo padrão de velocidade na condução da água (Tabela 1).

**Tabela 1. Potência da bomba, vazão e altura manométrica nos cinco projetos dimensionados em função da jornada diária de trabalho.**

Jornada (horas/dia)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Altura Manométrica (mca)	Potência no eixo da bomba (cv)
9	183,3	49,11	45,07
12	137,8	51,28	35,36
15	110	49,14	27,06
18	92	54,17	24,94
21	78,9	51,93	20,50



**Figura 3. Valor do investimento no sistema de irrigação em função do tempo de funcionamento diário.**

É possível observar o aumento da vazão inversamente proporcional ao tempo de funcionamento do sistema de irrigação, o que afeta conseqüentemente a maior potência demandada.

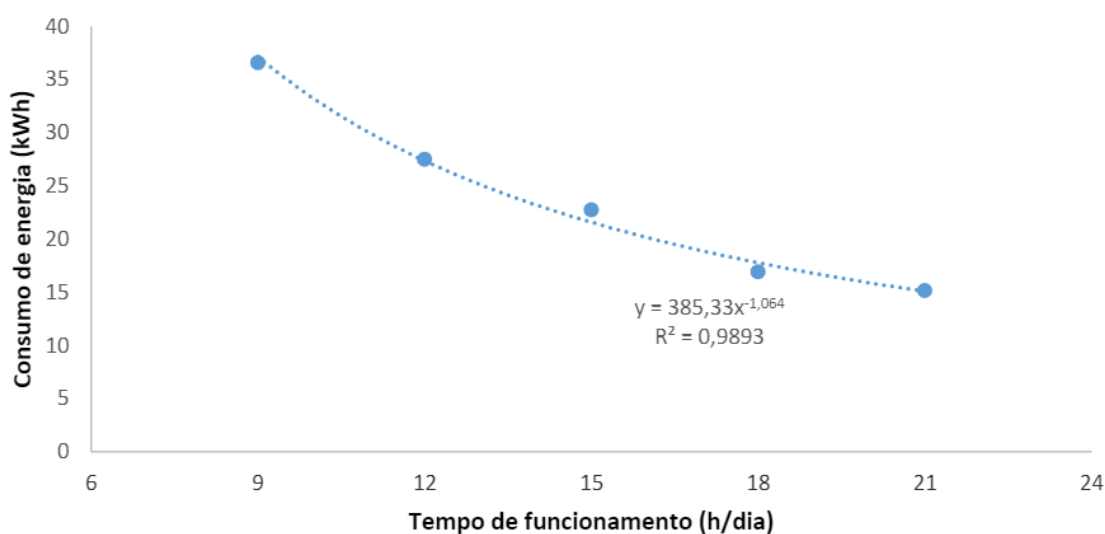
Na Figura 3 apresenta-se a relação entre valor do investimento no sistema de irrigação e o tempo de funcionamento do mesmo para efeito de projeto. É nítida a redução do investimento com o aumento da jornada de trabalho diária, e, portanto, induz ao irrigante avaliar a sua disponibilidade financeira para o investimento. Nesse exemplo, a redução de 21 para 09 horas, ou seja, 57% de redução no tempo de funcionamento diário, provocou um aumento de R\$56.208,00, ou seja, R\$2.810,40/ha, aumentando, portanto, 38,87% no custo

do sistema de irrigação. Assim quanto menor a jornada diária de irrigação, maior será o gasto na instalação do sistema.

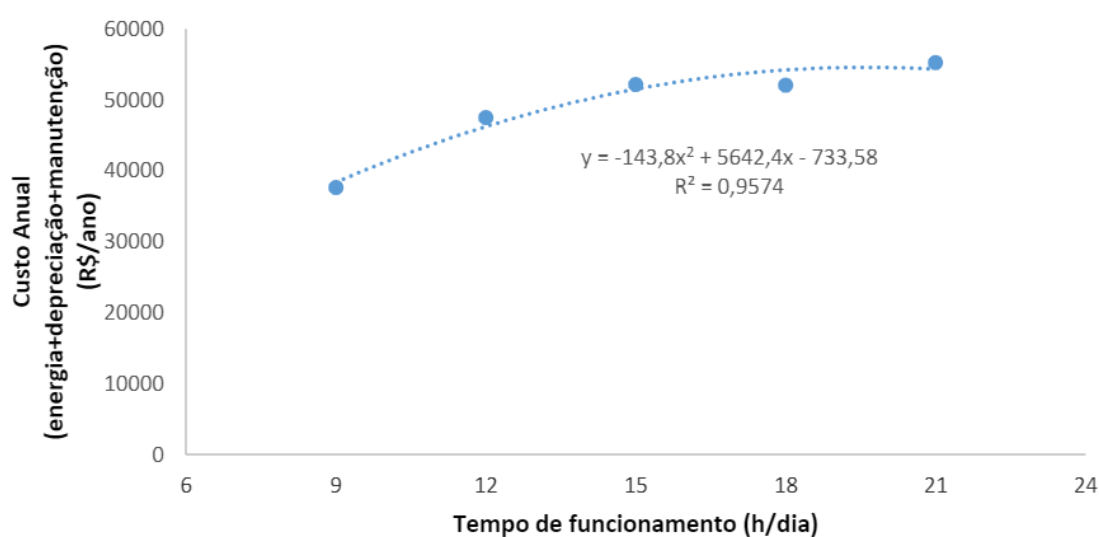
### 9.5.2 Análise dos custos de energia, manutenção e depreciação

Apresenta-se na Figura 4 o efeito do aumento da jornada diária de irrigação, o dimensionamento para cada uma altera em seus consumos de energia. É possível observar que o consumo horário de energia se reduz com o aumento do tempo de irrigação diário.

Na Figura 5 estão os valores do custo anual com englobados energia, depreciação e manutenção do sistema de irrigação, em função da jornada diária de funcionamento do sistema de irrigação. É possível observar que os custos anuais aumentam com o aumento do tempo diário de funcionamento.



**Figura 4.** Consumo de energia do sistema motobomba em função do tempo de funcionamento diário do sistema de irrigação.



**Figura 5.** Valores do custo anual (energia + depreciação + manutenção) do sistema de irrigação em função do seu tempo de funcionamento diário.

A redução do tempo de irrigação de 21 para 09 horas diárias proporcionou uma redução de custos anuais de R\$17.650,32, ou seja, R\$882,52/ha. Tal redução representa 46,87% nos custos anuais com energia, depreciação e manutenção do sistema de irrigação. Essas observações permitem com certeza, a partir de bases financeiras uma melhor tomada de decisão.

### 9.5.3 Análise viabilidade econômica

Como mencionado anteriormente, os valores dos índices VPL, TIR e PAYBACK estão apresentados em comparação ao tempo de funcionamento de 21 h/dia.

Na Tabela 2 apresenta-se os valores do VPL e TIR dos projetos com jornadas de trabalho de 9, 12, 15 e 18 horas por dia.

**Tabela 2. Valores obtidos pelos índices do VPL, TIR e Payback.**

Índice	9 horas	12 horas	15 horas	18 horas
VPL (R\$)	137.962,01	39.645,18	17.203,89	22.000,72
TIR (%)	31,27	15,61	17,10	23,47
PAYBACK (anos)	4	8	7	5

É possível observar, que em função de todos os valores de VPL estarem positivos, é mais vantajoso financeiramente trabalhos com tempos de irrigação de projeto que sejam menores que 21h diárias, sendo que o tempo de 9 horas diárias se mostrou o mais viável financeiramente.

No tocante a avaliação da TIR, como todos os valores são maiores que 6% ao ano, isto demonstra também ser viável dimensionar um sistema de irrigação com tempo diário de funcionamento menor que 21 horas por dia, sendo o tempo de 9 horas de jornada diária o mais viável financeiramente por apresentar a maior TIR.

Em relação ao Payback, as conclusões são as mesmas das anteriores, cujo tempo de retorno do maior montante de recursos financeiros investidos em um sistema de irrigação com 09 horas de funcionamento diários, retorna ao bolso do investidor em um período de 4 anos.

Em trabalho realizado por Lopes (2014) com os mesmos dados desse exemplo, entretanto, com os valores correspondentes à época, o VPL com maior viabilidade foi também para o tempo de funcionamento diário de 9 horas, enquanto para a TIR e o Payback o tempo de funcionamento diário mais viável foi o de 15h. Isto demonstra a importância de se fazer essas avaliações no momento da aquisição do sistema de irrigação, uma vez que as variações de preços interferem nos resultados econômicos.

O sistema dimensionado para uma jornada de 9 horas diárias, apresenta maior viabilidade econômica em todos os índices analisados. Entretanto, sob um olhar também operacional e de gerenciamento da irrigação talvez fosse interessante dimensionar esse sistema com um tempo de 11 a 12 horas diárias de funcionamento, pois é comum ter que se realizar fertirrigações nos períodos diurnos, o que aumentaria os custos de energia, por outro lado, nas épocas de menor evapotranspiração ao longo do ano, os tempos de irrigação seriam menores do que 9 h/dia perdendo esse desconto de 73% da tarifa energética.

## 9.6 Considerações finais

A aquisição de sistemas de irrigação requer desembolsos financeiros que geralmente são maiores que o próprio valor da terra, ademais, o aumento da produtividade bem como da produção anual precisa garantir um acréscimo da renda do irrigante, de modo que permita a recuperação do capital utilizado no investimento do equipamento de irrigação.

Muitas das vezes o produtor rural realiza a compra do seu sistema de irrigação sem considerar que o seu valor é influenciado por inúmeros fatores, um dos quais é o tempo de funcionamento do mesmo na época de máxima demanda evapotranspirométrica. Com o crescente aumento dos preços dos componentes dos sistemas de irrigação bem como da tarifa de energia, é preciso avaliar a viabilidade econômica de se utilizar um tempo menor a ser utilizado na jornada diária máxima de funcionamento do sistema de irrigação. Para o embasamento desta decisão, o ideal é utilizar índices econômicos que permitam orientar qual a melhor decisão a ser tomada.

No exemplo aqui apresentado, o dimensionamento de projetos de microaspersão para a cultura da bananeira na região de Janaúba, Minas Gerais, é mais viável economicamente, de acordo com o Valor Presente Líquido, a Taxa Interna de Retorno e PayBack, a uma jornada diária de irrigação de 9 horas.

## Referências

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n.6, p.711-728, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14653-4 – Avaliação de bens parte 4: empreendimentos. Rio de Janeiro, 2002.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E.C.; SILVA, D.D.; SOARES, A.A. **Manual de Irrigação**. 9. Ed. Editora UFV. 2019. 545 p.
- BORDEAUX-RÊGO, R.; PAULO, G. P.; SPRITZER, I. M. P. A.; ZOTES, L.P. **Viabilidade econômico-financeira de projetos**. 3. Ed. – Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010. 164p. (Gerenciamento de projetos).
- CASAROTTO FILHO, N. C.; KOPITTKE, B. H. **Análise de Investimentos**. 10. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- COELHO, S.T. **Matemática financeira e análise de investimentos**. São Paulo: Ed. Nacional, EDUSP, 1979. 279p.
- COUTO, C.A.; DOURADO, W.S.; JÚNIOR, J.A.; SOUZA, E.R.B.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A.W.P. Viabilidade econômica do uso de irrigação por microaspersão em cultivares de bananeira na região central do Estado de Goiás. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.4, p.19015-19032, 2020.
- FRIZZONE, J.A. **Planejamento da irrigação uma abordagem às decisões de investimento**. Piracicaba: Esalq/USP, 1999. 110p.
- FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A.; FREITAS, H.A.C. Análise comparativa dos custos de irrigação por pivô central, em cultura de feijão, utilizando energia elétrica e óleo diesel. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.5, n.1, p.34-53, 1994.
- FURLANETO, F.P.B.; MARTINS, A.N.; CAMOLESI, M.R.; ESPERANCINI, M.S.T. Análise econômica de sistemas de produção de banana (*Musa sp.*), cv. Grande Naine, na região do Médio Paranapanema, estado de São Paulo. **Científica**, v.35, n.2, p.188-195, 2007.
- HARTZER, J.H.; SOUZA, A.; DUCLÓS, L.C. Método de Monte Carlo aplicado à análise de projeto: estudo de investimento em um empreendimento hoteleiro. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CUSTOS,13, 2013, Porto. **Anais...** Porto, 2013.
- HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 1989.

- LOPES, R.G.N. **Avaliação financeira de projetos de irrigação por microaspersão para a cultura da banana cultivada no norte de Minas Gerais**, 37., 2014. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal de Minas Gerais. 2014.
- MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação: princípios e métodos**. Ed. UFV: Viçosa, 358p., 2007.
- MARQUES, P.A.A.; MARQUES, T.A.; COELHO, R.D. Programa pupunha: software para avaliação econômica da irrigação da pupunha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: SBEA, 1999. Trabalho 112, (CD-ROM).
- MELO, M.A.B.C. Municipalismo, nation-building e a modernização do Estado no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, São Paulo, ano 8, n.23, p.85-100, 1993.
- NEWMAN, D.G.; LAVELLE, J.P. **Fundamentos da engenharia econômica**. Rio de Janeiro: JC, 2000.
- OLIVEIRA, F.G., BARROS, A.C.; SANTOS, M.R.; REIS, J.B.R.S. Análise da viabilidade econômica na implantação de sistemas de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.42, n.313, p.91-100, 2021.
- SCALOPPI, E.J. Exigências de energia para irrigação. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n.21, p.13-17, 1985.
- SILVA, A.L.; FARIA, M.A.; REIS, R.P. Viabilidade técnico-econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p.37-44, 2003.
- SILVA, M.L.O.; FARIA, M.A.; REIS, R.P.; SANTANA, M.J.; MATTIOLI, W. Viabilidade técnica e econômica do cultivo de safrinha do girassol irrigado na região de Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.1, p.200-205, 2007.
- SOUSA, A.F. **Avaliação de investimento**: uma abordagem prática. São Paulo: Ed. Saraiva, 2007.
- VILAS BOAS, R.C; PEREIRA, G.M.; REIS, R.P.; LIMA JUNIOR, J.A.; CONSONI, R. Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.4p.781-788, 2011.