

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

**ESTUDO DE CASO: VIABILIDADE ECONÔMICA DA
UTILIZAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICO E DE COMBUSTÃO
INTERNA, PARA IRRIGAÇÃO DE CANA DE AÇÚCAR POR
AUTOPROPELIDO**

WILTON TEIXEIRA BISPO



Wilton Teixeira Bispo

ESTUDO DE CASO: VIABILIDADE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE
MOTORES ELÉTRICO E DE COMBUSTÃO INTERNA, PARA
IRRIGAÇÃO DE CANA DE AÇÚCAR POR AUTOPROPELIDO

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da
Universidade Federal de Minas Gerais, como
requisito parcial, para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador: Prof. Flávio Gonçalves Oliveira

Montes Claros

2018

Wilton Teixeira Bispo, ESTUDO DE CASO: VIABILIDADE ECONÔMICA DA
UTILIZAÇÃO DO MOTOR ELÉTRICO E DE COMBUSTÃO INTERNA, PARA
IRRIGAÇÃO DE CANA DE AÇÚCAR POR AUTOPROPELIDO

Aprovado pela banca examinadora composta por:

Prof. Flávio Pimenta de Figueiredo – ICA/UFMG

Prof. Luiz Henrique De Souza – ICA/UFMG

Prof. Flávio Gonçalves Oliveira – Orientador ICA/UFMG

Montes Claros, 06 de Julho de 2018

Dedico aos meus familiares e amigos que sempre acreditaram e me deram forças para que fosse possível concluir mais essa etapa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado o dom da vida e discernimento para aproveitá-la de maneira correta.

Agradeço a minha família que foi sempre meu alicerce nessa caminhada, sempre me ajudando a continuar com empenho lutando para atingir meus objetivos.

Ao grupo de estudos de manejo de irrigação no semiárido GEMISA, pelo acolhimento e todo o conhecimento adquirido durante todo o tempo em que fui membro do grupo.

Aos amigos da minha cidade, que sempre me apoiaram a buscar o que fosse melhor para mim.

Aos amigos não somente da turma, mas aos que fiz nessa longa jornada, vocês tornaram essa caminhada um pouco menos dolorosa.

A FUMP por todo o suporte que me foi dado, pois sem esse suporte seria impossível.

Ao amigo Filipe Carneiro por todo o apoio durante o estágio e elaboração deste trabalho.

Agradeço a equipe da IRRIGER pela oportunidade que me foi dada, pois foi tudo muito proveitoso.

Ao professor, orientador e amigo Flávio Gonçalves Oliveira por todo o conhecimento transmitido, não somente para sermos um bom profissional, mas também para sermos pessoas melhores.

Muito obrigado!

“O futuro pertence aqueles que acreditam na beleza dos seus sonhos”

(Eleanor Roosevelt)

RESUMO

O estudo foi realizado na cidade de Paracatu, noroeste mineiro e teve como objetivo analisar qual motor é o mais economicamente viável a ser utilizado, para irrigar áreas com o cultivo de cana de açúcar situada nas confluências dos pivôs, se o motor elétrico ou o motor a diesel. O tipo manejo utilizado na situação em questão foi a irrigação de salvamento, que consiste na aplicação de lâminas entre 40 e 80 mm após a colheita, com o objetivo de ajudar na rebrota da soca e dar uma maior longevidade as soqueiras. O equipamento utilizado para realizar essa irrigação foi o autopropelido. Para o dimensionamento da adutora utilizou-se a equação de Hazen Willians, e após a escolha da bomba que atenderia as duas situações calculou-se o investimento inicial e os custos de funcionamento dos dois sistemas. Analisando os resultados obtidos chegou-se à conclusão que apesar do motor elétrico possuir um valor de investimento inicial elevado em relação ao motor de combustão interna, e o tempo de retorno do motor de combustão interna ser menor, a diferença entre eles foi considerada mínima, e como o motor elétrico apresenta uma série de vantagens em relação ao motor a diesel, o motor elétrico foi considerado como o mais viável.

Palavras-Chave: Irrigação de salvamento. Tempo de retorno. Investimento.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 (a) e (b) – Área em estudo. _____	07
Figura 2- Equipamento escolhido. _____	11
Figura 3- Tabela de funcionamento do equipamento. _____	11

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de diâmetro, coeficiente de rugosidade, velocidade, comprimento de adutora para o motor elétrico e a diesel para a equação de Hazen Willians. _____	12
Tabela 2 - Valores de perda de carga, desnível, pressão de serviço do equipamento, e altura manométrica, para o motor elétrico. _____	12
Tabela 3 - Valores de perda de carga, desnível, pressão de serviço do equipamento, e altura manométrica para o motor a diesel. _____	12
Tabela 4 - Valores de área, potência, consumo de energia, tempo de operação e custos de energia para cada gleba. _____	13
Tabela 5 - Valores de área, potência, consumo de combustível, tempo de operação e custos de energia para cada gleba. _____	14
Tabela 6 - Valores de auto propelido, conjunto motobomba elétrico, tubos de aço zincado e tubulação de sucção. _____	15
Tabela 7 - Valores de auto propelido, conjunto motobomba diesel, tubos de aço zincado e tubulação de sucção. _____	15
Tabela 8 - Valores de entradas, defensivos, custos de operação, manutenção, mão de obra e fluxo de caixa anual, o motor elétrico e motor a diesel. _____	15
Tabela 9 - Valores de Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e Tempo de Retorno para as duas situações. _____	16

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

cv – Cavalo a Vapor

FUMP – Fundação Universitária Mendes Pimentel

GEMISA – Grupo De Estudos em Manejo de Irrigação no Semiárido

h - horas

ha - hectare

IRRIGER – Empresa de Manejo e Gerenciamento em Irrigação.

kW – kilo Watt

L – litros

m – metros

m³ - metro cúbico

mm –milímetro

TIR – Taxa Interna de Retorno

VPL – Valor Presente Líquido

Sumário

INTRODUÇÃO	1
REFERÊNCIAL TEÓRICO	2
IMPORTÂNCIA DA IRRIGAÇÃO	2
CANA DE AÇÚCAR	3
AUTOPROPELIDO	4
MOTORES	5
ANÁLISE ECONÔMICA	6
MATERIAIS E MÉTODOS	6
RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS:	18

INTRODUÇÃO

A irrigação é uma prática de grande importância para a agricultura brasileira, devido aos benefícios proporcionados pela mesma, se torna muito viável o cultivo de culturas irrigadas no país, principalmente em locais onde a precipitação ocorre de forma muito concentrada, ou que a mesma não seja capaz de suprir as necessidades da cultura.

A cana de açúcar é uma cultura que tem sido cultivada no Brasil a muito tempo, e é uma cultura de grande valor comercial devido aos seus derivados, como o açúcar e também o etanol, porém para o cultivo da cultura em locais com chuvas mal distribuídas, a prática da irrigação se torna algo imprescindível, mesmo com a cultura sendo resistente ao déficit hídrico, além de proporcionar diversos benefícios.

Apesar de existirem muitas outras, a prática de manejo de irrigação para a cultura da cana de açúcar mais difundida no Brasil é a irrigação de salvamento, essa prática consiste na aplicação de lâminas entre 40 e 80 mm após o corte da cultura, e tem como finalidade ajudar na rebrota da soca, além de aumentar a longevidade das soqueiras, elevar a produtividade da cultura e garantir que a planta se desenvolva (CAMPOS, et. al., 2013).

Essa prática de manejo geralmente é feita por meio do sistema de autopropelido também conhecido como carretel enrolador, apesar de ser muito utilizada, essa prática se não realizada de maneira eficiente, pode acarretar prejuízos para o produtor, pois diversos fatores influenciam na uniformidade de aplicação, como o vento, velocidade do autopropelido, declividade entre outros e como esse sistema necessita de altas pressões de operação deve ser dimensionado e manejado da maneira correta.

O motor é algo de grande importância no sistema de irrigação, pois é responsável pelo acionamento do sistema e também gera gastos significativos, portanto é de extrema importância um projeto bem feito, para que a escolha desse equipamento não seja feita de maneira errada, deve-se analisar as condições da área a ser irrigada se tem a possibilidade de se colocar um motor elétrico ou se será necessário o uso de motores a diesel, o que é muito utilizado em áreas agrícolas que não possuem rede elétrica, porém esses sistemas apresentam baixa eficiência pois são máquinas térmicas.

A análise econômica é uma ferramenta de grande importância quando se quer analisar a viabilidade de determinado investimento.

O presente trabalho teve como objetivo, identificar por meio de cálculos e estudos, qual seria o motor que apresentaria as condições mais economicamente viável para atender o

sistema de irrigação, se seria o motor elétrico ou um motor de combustão interna a diesel, respeitando as limitações da área.

REFERÊNCIAL TEÓRICO

IMPORTÂNCIA DA IRRIGAÇÃO

Segundo Bernardo (1997), a irrigação é uma ferramenta de grande importância para a agricultura brasileira, pois possui diversos benefícios, como aumento da produtividade, uma maior eficiência no uso de fertilizantes, permite dois ou mais cultivos por ano em uma mesma área, melhorar a economia das comunidades rurais, entre outros benefícios justificando assim a de culturas de maior valor comercial e redução de riscos de investimento.

De acordo com Taiz & Zeiger (2009), a água tem um papel muito importante no desenvolvimento da planta, pois cada grama de matéria orgânica que a planta produz pelo processo de fotossíntese, consome aproximadamente 500 g de água, também a maioria dessa água consumida, cerca de 97%, é perdida através do processo de evapotranspiração que ocorre na planta, que tem como objetivo regular a temperatura interna das plantas e também garantir condições ótimas de funcionamento para as enzimas no metabolismo vegetal, a água também é importante na solubilização dos nutrientes deixando assim os elementos essenciais disponíveis as plantas.

O manejo de irrigação quando é feito de maneira correta e eficiente proporciona um aumento na produção agrícola, racionaliza o uso da mão de obra, reduz custos com energia e água, fazendo assim com que os problemas relacionados a excesso ou escassez de água sejam considerados inexistentes e problemas relacionados à fitossanidades se tornariam menos frequentes (FIGUEIREDO et. al., 2008).

Segundo Turco Rizzatti e Pavani (2009), o agricultor normalmente não faz uso de um manejo adequado para seu sistema de irrigação, o que faz com que ele por medo de prejuízos com perda da produtividade por estresse hídrico, sempre forneça quantidades excessivas de água a planta aumentando assim custos com energia e água. Para Freitas et. al. 2010, o uso da agricultura irrigada encarece bastante a cadeia produtiva da cultura e para que se torne algo que justifique o uso, é de extrema importância obter altas produtividades associado a um manejo bem feito fazendo com que a produtividade aumente com menores custos e também seja uma atividade sustentável.

Ao fazer o manejo de forma racional de qualquer sistema de irrigação, alguns aspectos devem ser considerados, aspectos sociais, ecológicos e outros da região, buscando

sempre maximizar a produtividade e eficiência no uso da água, minimizar os custos, tanto com mão de obra, capital e também energia, de forma que a atividade da irrigação se torne algo lucrativo, portanto a agricultura irrigada deve ser feita sempre com o objetivo de maximizar os lucros, obter uma produção melhor, tanto em quantidade quanto em qualidade e também para que se torne possível à produção de algumas culturas que seriam impossíveis produzir sem a irrigação na região (BERNARDO, 2006).

Segundo Mukherji et al. (2009), 80% dos produtos utilizados para satisfazer as necessidades relacionadas à alimentação da população mundial, nos próximos 25 anos, serão provenientes dos cultivos irrigados. Porém, irrigação é a atividade humana que consome a maior quantidade de água, em termos mundiais, estima-se que cerca de 70% do uso da água é destinada a irrigação, e nos países em desenvolvimento o valor deste consumo pode chegar até 95%, causando conflitos em relação aos demais usos da água (Food and Agriculture Organization - FAO, 2007). No Brasil não é diferente e o setor de irrigação é o que possui a maior parcela de vazão retirada (cerca de 47% do total) e também vazão consumida (69%) (ANA, 2009).

CANA DE AÇÚCAR

De acordo com Freitas, Baffa e Brasil (2008), a cana de açúcar é um dos principais produtos agrícolas produzidos no Brasil, pois é cultivada desde a época da colonização e possui grande importância no cenário sócio econômico do país. Com cerca de 350 indústrias, ocupam cerca de 5.677.396 hectares de área, gerando assim cerca de 1.000.000 de empregos em indústrias de açúcar e álcool (IBGE, 2004).

A utilização da irrigação proporciona uma série de benefícios para a cultura da cana de açúcar, tais como: Aumento da produtividade, uma maior longevidade as soqueiras garantindo assim também um melhor aproveitamento da mesma, redução de custos em todo o processo produtivo (MATIOLI et al., 1998). O uso da prática da irrigação se torna mais imprescindível em regiões onde as precipitações são mal distribuídas, pois o estresse hídrico causado nesse intervalo de tempo compromete a produtividade da cultura, e posteriormente a lucratividade do produtor (DANTAS et al., 2005).

Segundo FREITAS et al. (2008), há três tipos de manejo de irrigação para a cultura da cana de açúcar:

- a) Irrigação de salvamento: Que consiste na aplicação de uma lâmina entre 40 e 80 milímetros após cada corte da cultura, esse tipo de irrigação tem como objetivo garantir

a rebrota da soca, garantindo assim que a cana de açúcar possa produzir um novo colmo. Essa prática é muito utilizada na região no cerrado, pois possui uma grande importância para a viabilidade econômica da cana de açúcar.

- b) Irrigação com Déficit: Essa prática consista na aplicação de lâminas acumuladas entre 200 a 300 milímetros por ano, porém nesse caso é necessário fazer um estudo climatológico da região para saber qual o balanço hídrico da região e assim tomar a melhor decisão de quando irrigar, além de estudos de energia elétrica, produtividade esperada e qual o sistema de irrigação mais adequado para a situação.
- c) Irrigação plena ou total: Essa prática consiste em aplicar lâminas de 450 a 700 milímetros por ano, nesse caso também se faz necessário um estudo aprofundado das características climatológicas da região para então se escolher a melhor estratégia de irrigação.

Em conformidade com Campos et.al. (2013), a prática de irrigação mais utilizada na cultura da cana de açúcar é a irrigação de salvamento, que consiste na aplicação de lâminas de 40 a 80 mm após cada corte anual da cultura. É a prática mais difundida e utilizada nos canaviais, pois requer menos água e tem um menor custo. Os equipamentos que se adequam melhores para essa prática são: o carretel enrolador tipo autopropelido, pivô central, linear e rebocável.

AUTOPROPELIDO

De acordo com Villela (1999) *Apud* Santos (2010), o autopropelido, foi um dos primeiros sistemas de irrigação mecanizada a surgir no Brasil, seu funcionamento consiste de um aspersor que se desloca sobre a área a ser irrigada, irrigando faixas individuais, ao final de uma faixa o equipamento é transportado para outra faixa e assim sucessivamente até que toda a área seja irrigada.

A uniformidade de aplicação de água desse equipamento pode ser comprometida devido a alguns fatores que influenciam diretamente durante o funcionamento do equipamento, fatores como: a velocidade do vento, diâmetro do bocal do aspersor, velocidade de deslocamento do autopropelido e da pressão de serviço do mesmo (PRADO; COLOMBO; BIAGIONI, 2007).

De acordo com Barreto (2007), o sistema de irrigação por aspersão do autopropelido utiliza grandes potências pois necessita de altas pressões de operação e no

bombeamento para deslocamento e também para garantir uma boa uniformidade de distribuição, e ressalta que para uma boa uniformidade de aplicação é importante conhecer características do líquido, e características hidráulicas do sistema.

O sistema autopropelido possui um uso restrito na irrigação, porém produtores de cana de açúcar no estado de São Paulo utilizam esse equipamento para a distribuição de vinhaça juntamente com a água de irrigação, praticando assim uma fertirrigação para o aproveitamento desse subproduto derivado da produção do álcool que é rico em potássio (ROCHA et al., 2005).

O autopropelido tem como principais vantagens mobilidade do equipamento, menor quantidade de tubos, maior rendimento operacional, menor perda de área na criação de canais, porém é um equipamento que possui um alto consumo energético pois necessita de altas pressões e também uma alta intensidade de aplicação (SANTOS, 2010).

MOTORES

De acordo com Melo (1993), a energia representa uma parcela significativa no custo variável da irrigação, podendo alcançar valores que correspondem a cerca de 70% deste valor.

A escolha do tipo de motor para o acionamento da bomba depende de uma gama de fatores como: custo de energia e sua disponibilidade na área, potência necessária, necessidade de mobilidade do conjunto motobomba, investimento inicial, após analisar esses fatores é necessário então escolher o tipo de motor a ser utilizado, a escolha geralmente se restringe ao motor elétrico e um motor de combustão interna que geralmente é a diesel, (CARVALHO, 1992).

Segundo Carvalho, Júnior e Reis (2000), os motores elétricos quando comparados aos motores a diesel apresentam algumas vantagens como: vida útil maior, manutenção mais barata, maior segurança, no entanto apresentam algumas desvantagens como: exigência da construção de uma linha para o transporte de energia até o local da instalação e que o fornecimento dessa energia seja feito de forma eficiente.

Ainda segundo Carvalho, Júnior e Reis (2000), devido ao custo de investimento e operação da irrigação serem altos, é importante que o dimensionamento e escolha do conjunto motobomba e tubulação seja feito de forma eficiente, e que seja levado em consideração não somente critérios hidráulicos, mas também critérios econômicos.

De acordo com Zorzetto (2015), o motor de combustão interna é uma máquina que tem como objetivo a transformação da energia química em energia mecânica, porém sua eficiência é baixa quando comparada a eficiência do motor elétrico, sua eficiência é reduzida

devido à grande quantidade de energia térmica gerada durante seu funcionamento, portanto é considerado como máquina térmica, quando utilizada para acionamento de bombas, o motor é classificado como motor estacionário.

ANÁLISE ECONÔMICA

De acordo com Brealey, Myers e Allen (2013), o Valor Presente Líquido, é uma técnica de análise de investimento muito confiável, pois estima os fluxos de caixas e o custo de oportunidade do capital, para os autores o ponto chave dessa análise é o reconhecimento do valor temporal do dinheiro.

Segundo Livingstone (1997), o método da Taxa Interna de Retorno, é o cálculo de um número que sintetize o sucesso de um investimento, sem considerar a taxa vigente no mercado de capitais, dependendo somente do fluxo de caixa do projeto em estudo, a regra para aceitação desse método é que se caso a Taxa Interna de Retorno for maior que a taxa de descontos vigentes no mercado, o empreendimento é aceito, caso contrário o empreendimento é rejeitado.

Ainda segundo Livingstone (1997), o PayBack é o tempo decorrido para que o lucro líquido seja igual ao investimento aplicado inicialmente, é uma técnica bastante comum.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na cidade de Paracatu situada no noroeste mineiro, com precipitação média de 1200 mm e temperatura média de 23,1 °C, caracterizada por uma agricultura bastante desenvolvida na área de cereais e cana de açúcar.

A área onde foi realizado o estudo trata-se de áreas presentes nas confluências dos pivôs, como e mostrado na Figura 01 (a) e (b), onde é plantado a cultura da cana de açúcar, a área possui sete pivôs sendo dois deles setoriais. Como as áreas com o cultivo da cana de açúcar são áreas onde os pivôs devido ao formato circular não conseguem irrigar, fez-se necessário um estudo para determinar qual seria o motor mais viável a ser utilizado, se um motor elétrico ou um motor de combustão interna a diesel.

Determinou-se que o equipamento utilizado seria o autopropelido, devido as características da área e também por ser um equipamento que possibilita uma certa mobilidade, foi estabelecido também que seria feita a prática de manejo por meio da irrigação de

salvamento, aplicando uma lâmina de 60 mm após o corte da cana, e que o equipamento exerceria uma jornada máxima de 16 horas diárias, sendo 9 horas durante o horário noturno, e as outras 7 horas durante o horário fora de ponta, que é de 6:00 às 17:00 h.

Para a escolha do motor a ser utilizado, foi feito o cálculo de alguns parâmetros, tais como: Dimensionamento hidráulico, potência necessária, consumo e custos energéticos.

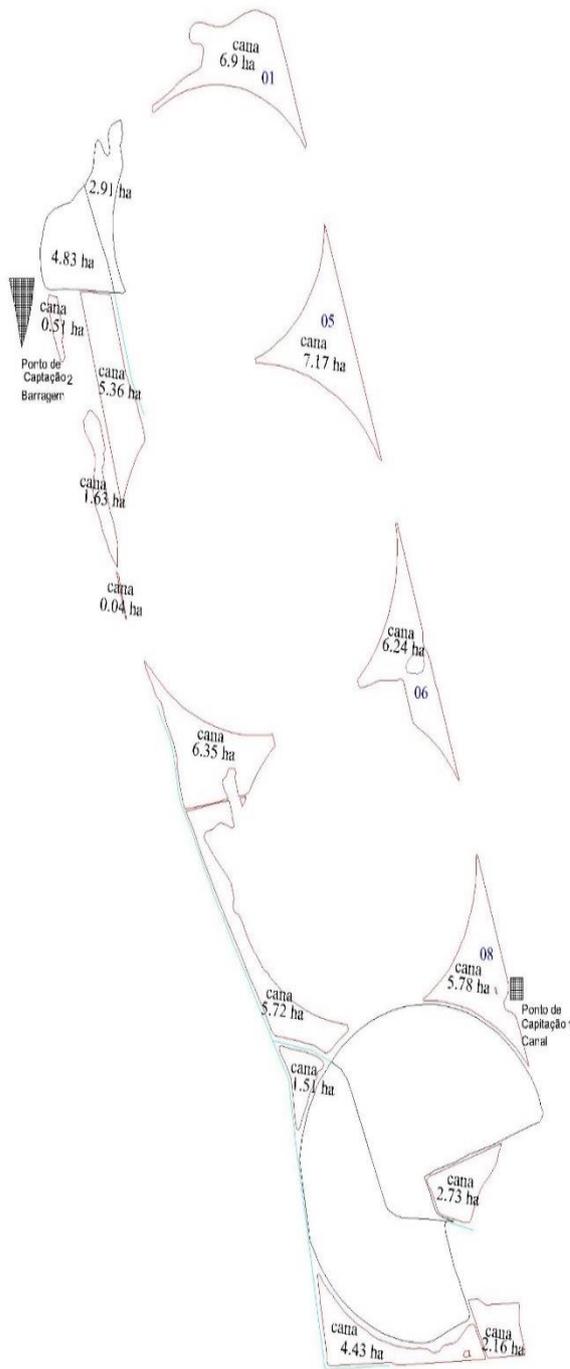


Figura 01 (a): Área em estudo.

Fonte: Acervo do autor.

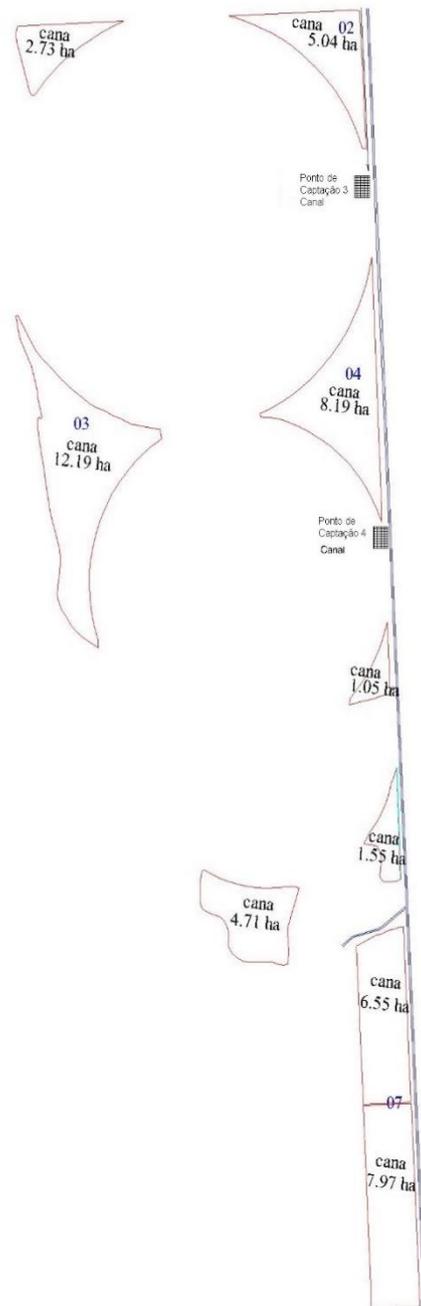


Figura 01 (b): Área em estudo

Fonte: Acervo do autor

Para o dimensionamento das adutoras utilizou-se a equação 1 de perda de carga de Hazen Willians.

$$Hf = 10,64 \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,85} \cdot \left(\frac{L}{D^{4,87}}\right) \quad (1)$$

Onde:

Hf = Perda de carga em metros de coluna de água;

Q = Vazão do sistema em m³/s;

C = Coeficiente adimensional que depende da natureza do material e das paredes dos tubos, valores tabelados;

L = Comprimento da tubulação onde se deseja calcular a Hf., em metros;

D = Diâmetro da tubulação (m).

As adutoras foram determinadas de acordo com o ponto de captação para cada situação, foram divididas em vários pontos de captação para atender as oito glebas, e os pontos de captação 1 e 2 foram considerados os mais críticos com base nos cálculos, para o motor elétrico no ponto de captação 1 o comprimento de adutora foi equivalente a 2700 m, enquanto para o motor de combustão interna no ponto de captação 2 o comprimento de adutora foi de 1200 m.

Após o dimensionamento foi escolhida a bomba a ser utilizada no sistema, para isso foi levado em consideração a vazão do sistema e também a altura manométrica requerida pelo sistema, considerando a situação mais crítica para os dois motores.

Para a escolha do motor a ser utilizado calculou-se a potência no eixo do motor por meio da equação 2.

$$P = \frac{Q \times Hm}{2,7 \times \eta} \quad (2)$$

Onde:

P = Potência necessária para funcionamento do sistema (cv);

Q = Vazão do sistema (m³/h);

Hm = Altura manométrica do sistema (m.c.a.);

η = Rendimento da bomba (%).

Determinou-se o consumo para o motor elétrico através da equação 3.

$$C = P \times 0,736 \times T \quad (3)$$

Onde:

C = Consumo de energia em kWh;

P = Potência no eixo do motor em cv;

T = Tempo de funcionamento do motor em h.

Estimou-se consumo de combustível para o motor a diesel, segundo CESP-São Paulo citado por Bernardo, Soares e Mantovani (2005), adaptada pelo autor, conforme equação 4.

$$C = 0,225 \times P \times T \quad (4)$$

Onde:

C = Consumo de combustível em L/h;

P = Potência no eixo do motor em cv;

T = Tempo de funcionamento do motor.

O custo de implantação foi feito, fazendo-se um levantamento em lojas de produtos de irrigação, dos valores dos equipamentos a serem utilizados para as duas situações propostas.

O tempo de funcionamento necessário foi calculado pela equação 5, salientando que o sistema funcionaria 16 horas diárias, sendo 9 horas no horário noturno e 7 horas no horário fora de ponta.

$$T = \frac{10 \times A \times Lm}{Q} \quad (5)$$

Onde:

T = Tempo de funcionamento em h;

A = Área a ser irrigada em hectare;

Lm = Lâmina a ser aplicada em milímetros;

Q = Vazão do sistema em m³/h.

Com os resultados obtidos pela equação (3) e (5), calculou-se o custo de trabalho para o motor elétrico multiplicando os resultados pelo valor do kWh.

Para os custos de consumo do motor elétrico, utilizou-se a equação 6.

$$C = Tc \times Cm \quad (6)$$

Onde:

C = Custo de trabalho em R\$;

Tc = Tarifa de consumo em R\$/kWh, considerando R\$ 0,15 para irrigação noturna, e R\$ 0,40 para irrigação fora de ponta;

Cm = Consumo medido em kWh.

Para o motor a diesel calculou-se o custo de trabalho do motor, multiplicando a equação (4), pelo preço do combustível, que foi considerado R\$ 4,10, preço considerado para o combustível entregue diretamente na fazenda, vigente no ano de 2018, e também pelo tempo de operação do equipamento.

Para o cálculo do valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e Payback também conhecido como tempo de retorno, foi utilizado o programa Excel do pacote office enterprise do Windows

Para o cálculo do VPL, TIR E PayBack, considerou-se uma produtividade média de 90 ton/ha, e um preço equivalente a R\$ 55,00 / ton, e a taxa de juros de 8% a.a, equivalente a taxa de poupança empregada pelo Banco Central do Brasil.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as condições encontradas optou-se pelo autopropelido Figura 2, com uma vazão de 124,1 m³/h com um comprimento máximo de mangueira de 450 m e uma pressão de operação de 10,1 Kgf/cm² como é mostrado na Figura 3, utilizou-se 90 m entre faixas como o recomendado pelo fabricante.



Figura 2: Equipamento escolhido

Fonte: IrrigaBrasil

TURBOMAQ 140										
Ø dos bocais		35	35	37,5	37,5	37,5	40	40	40	mm
Pressão saída		5,0	5,5	4,5	5,0	5,0	4,5	5,0	5,5	Kgf/cm ²
Vazão		103,6	108,1	112,2	118,3	124,1	127,7	134,6	141,2	m ³ /h
Espaço Recomendado		84	90	90	90	90	90	90	90	metros
Pressão na entrada da máquina	GS/320	7,6	8,3	7,5	8,3	9,1	8,3	9,2	10,6	Kgf/cm ²
	GS/330	7,6	8,3	7,5	8,4	9,3	8,4	9,3	10,7	
	GS/350	7,7	8,5	7,7	8,5	9,3	8,5	9,4	10,8	
	GS/400	8,0	8,7	8,0	8,8	9,7	8,9	9,9	11,3	
	GS/450	8,3	9,0	8,3	9,2	10,1	9,3	10,3	11,7	
Lâmina a Aplicar (mm)		Velocidade de Recolhimento (m/h)								
5		247	240	249	263	276	284	299	314	
7,5		164	160	166	175	184	189	199	209	Largura = 2740 mm
10		123	120	125	131	138	142	150	157	Comprimento = 6300 mm
12,5		99	96	100	105	110	114	120	126	Altura = 3790 mm
15		82	80	83	88	92	95	100	105	Peso sem água = 4.200 Kg
17,5		70	69	71	75	79	81	85	90	Peso com água = 7.700 Kg
20		62	60	62	66	69	71	75	78	
22,5		55	53	55	58	61	63	66	70	
25		49	48	50	53	55	57	60	63	Faixa irrigada até 500 m
27,5		45	44	45	48	50	52	54	57	
30		41	40	42	44	46	47	50	52	
32,5		38	37	38	40	42	44	46	48	Aspersor Setorial Twin 202 Plus
35		35	34	36	38	39	41	43	45	
40		31	30	31	33	34	35	37	39	
45		27	27	28	29	31	32	33	35	Tubo de polietileno 140 mm Ø
50		25	24	25	26	28	28	30	31	PN-8
55		22	22	23	24	25	26	27	29	
60		21	20	21	22	23	24	25	26	

NR: Não recomenda-se ultrapassar 125 m.c.a. de pressão na entrada da máquina

Figura 3: Tabela de Funcionamento do equipamento

Fonte: IrrigaBrasil

A adutora utilizada foi de aço zincado, devido ao sistema exigir altas pressões e os tubos de PVC possuírem uma restrição a altas pressões.

Os dados utilizados para o cálculo da perda de carga são apresentados na Tabela 1, os resultados encontrados apresentados nas Tabelas 2 e 3 foram somados com a pressão de serviço exigida pelo equipamento, desnível e levados em consideração para saber qual a situação mais crítica e a partir dessa situação escolher qual seria a bomba necessária para atender as necessidades do sistema de irrigação.

Tabela 1: Valores de diâmetro (D), coeficiente de rugosidade(C), velocidade(v), comprimento de adutora para o motor elétrico e motor a diesel.

D (mm)	150
C	120
v (m/s)	1,95
Adutora Elétrico (m)	2700
Adutora Diesel (m)	1200

Tabela 2: Valores de perda de carga, desnível, pressão de serviço do equipamento (P.S.), e altura manométrica (Hm), para o motor elétrico.

Dentre os valores de altura manométrica calculados para o motor elétrico, nota-se

Elétrico	Gleba 1	Gleba 2	Gleba 3	Gleba 4	Gleba 5	Gleba 6	Gleba 7	Gleba 8
Perda de carga (m)	87	14	36	20	60	36	51	10
Desnível(m)	1	1	2	1	1	1	1	1
P.S. (m.c.a)	101	101	101	101	101	101	101	101
Hm (m.c.a)	189	116	139	122	162	138	153	112

que a gleba que possui a maior altura manométrica é a gleba 1, devido ao fato de que para atender a gleba 1 é necessária uma adutora maior, logo possui uma perda de carga maior que as demais glebas, portanto a gleba 1 é considerada o ponto crítico que deve ser considerado para dimensionar o sistema de irrigação.

Tabela 3: Valores de perda de carga, desnível, pressão de serviço do equipamento (P.S.), e altura manométrica (Hm) para o motor a diesel.

Diesel	Gleba 1	Gleba 2	Gleba 3	Gleba 4	Gleba 5	Gleba 6	Gleba 7	Gleba 8
Perda de carga (m)	39	10	34	10	36	36	7	10
Desnível(m)	6	1	2	1	4	1	1	1
P.S. (m.c.a)	101	101	101	101	101	101	101	101
Hm (m.c.a)	146	112	137	112	141	138	109	112

Dentre os valores de altura manométrica calculados para o motor a diesel, a gleba 1 apresenta o maior valor de altura manométrica, devido ao fato de possuir uma adutora maior que as demais glebas, com isso uma perda de carga maior, a gleba 1 também apresenta um desnível em relação ao ponto de captação maior que as demais glebas, o que também influencia na altura manométrica, portanto a gleba 1 é considerado o ponto crítico para o motor a diesel e deve ser considerado para dimensionar o sistema de irrigação.

Para o motor elétrico foi escolhido a bomba da marca KSB modelo WKL 100/6, para atender uma necessidade de altura manométrica de 189 mca e uma vazão de 124,1 m³/h, já para o motor a diesel a bomba escolhida foi da marca KSB modelo WKL 100/5, para atender uma necessidade de altura manométrica de 146 mca e uma vazão de 124,1 m³/h, isso pode ser explicado devido ao fato do motor a diesel na sua situação mais crítica possuir uma adutora equivalente a 1200 m, enquanto a situação mais crítica do motor elétrico, possui uma adutora de 2700 m, portanto a perda de carga na adutora é maior para o motor elétrico.

A potência no eixo necessária para o funcionamento do motor elétrico foi de 110,69 cv, considerou-se um acréscimo de 10% segundo recomendações técnicas, para que o motor não trabalhe com sobrecarga, portanto utilizou-se um motor de 125 cv, para atender as exigências do sistema.

A potência no eixo necessária para o funcionamento do motor a diesel foi de 90,31 cv, considerou-se um acréscimo de 20% segundo as recomendações técnicas, devido ao motor de combustão interna possuir uma eficiência menor, portanto utilizou-se um motor de 110 cv, para atender as exigências do sistema.

Determinou-se os custos de consumo de energia apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Valores de área, potência no eixo, consumo de energia, tempo de trabalho e custos de energia para cada gleba.

Elétrico	Área (ha)	Potência no eixo (cv)	Consumo (kWh)	Tempo de trabalho (dias)	Custo/Gleba (R\$)	Custo / hectare (R\$/ha)
Gleba 01	6,9	123,05	90,6	2,1	779,8	113,01
Gleba 02	5,04	74,48	54,8	2,0	288,3	57,21
Gleba 03	12,19	93,26	68,6	3,6	1002,1	82,21
Gleba 04	8,19	86,78	63,9	2,5	612,5	74,79
Gleba 05	7,17	105,57	77,7	2,2	690,0	96,23
Gleba 06	6,24	89,37	65,8	1,9	498,6	79,90
Gleba 07	14,52	99,04	72,9	4,4	1284,4	88,46
Gleba 08	5,78	71,89	52,9	1,8	354,5	61,33
Total	66,03		547,2	20,4	5510,2	83,45

O custo de consumo energético por hectare na gleba 1 são maiores, pois possui uma maior potência instalada, ocasionada por possuir uma adutora maior, implicando assim em uma perda de carga maior, quando comparado com a média da área, a gleba 1 apresenta um valor de R\$ 29,56 maior.

Determinou-se os custos do consumo de combustível, os resultados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Valores de área, potência no eixo, consumo de combustível, tempo de trabalho e custos de energia para cada gleba.

Diesel	Área (ha)	Potência no eixo (cv)	Consumo (L/h)	Tempo de trabalho (dias)	Custo/Gleba (R\$)	Custo / hectare (R\$/ha)
Gleba 01	6,9	108,77	24,5	2,1	3350,1	485,52
Gleba 02	5,04	84,6	19,0	2,0	1903,3	377,63
Gleba 03	12,19	106,5	24,0	3,6	5794,9	475,39
Gleba 04	8,19	84,6	19,0	2,5	3092,8	377,63
Gleba 05	7,17	106,5	24,0	2,2	3408,5	475,39
Gleba 06	6,24	104,24	23,5	1,9	2903,5	465,30
Gleba 07	14,52	81,5	18,3	4,4	5282,3	363,79
Gleba 08	5,78	83,84	18,9	1,8	2163,1	374,24
Total	66,03		171,1	20,4	27898,4	422,51

A gleba 1 possui o maior custo por hectare, pois possui a maior potência instalada, devido a possuir uma adutora maior e também apresentar um desnível maior que as demais glebas, quando comparado o custo da gleba 1 com a média das áreas, nota-se que a gleba 1 possui um valor de R\$ 63,01 a mais.

Os custos de funcionamento para as duas situações apresentam uma diferença muito discrepante quando comparada o total das glebas, com o custo de operação do motor de combustão interna chegando a custar R\$ 22.479,20 mais caro, ou seja os custos de funcionamento do motor elétrico corresponde a cerca de 19,4% dos custos de funcionamento do motor a diesel, devido aos motores de combustão interna além de possuírem uma eficiência menor, quando comparado com os motores elétricos e o óleo diesel possui um valor elevado, fazendo com que o custo de funcionamento do motor a diesel fique oneroso.

O capital a ser investido para as duas situações pode ser visualizado nas tabelas 6 e 7.

Tabela 6: Valores de auto propelido, conjunto motobomba elétrico, tubos de aço zincado e tubulação de sucção.

EQUIPAMENTOS	QNTD.	PREÇO UNI. (R\$)	TOTAL (R\$)
AUTOPROPELIDO	1	160000,00	160000,00
CONJ. MOTOBOMBA ELÉTRICO	1	58500,00	58500,00
TUBOS DE AÇO ZIN. 150 mm	467	336,00	156912,0
TUB. DE SUCÇÃO	1	4000,00	4000,0
TOTAL R\$			379412,00

Tabela 7: Valores de auto propelido, conjunto motobomba diesel, tubos de aço zincado e tubulação de sucção.

EQUIPAMENTOS	QNTD.	PREÇO UNI. (R\$)	TOTAL (R\$)
AUTOPROPELIDO	1	160000,00	160000,00
CONJ. MOTOBOMBA DIESEL	1	58000,00	58000,00
TUBOS DE AÇO ZIN. 150 mm	200	336,00	67200,0
TUB. DE SUCÇÃO	1	4000,00	4000,0
TOTAL R\$			289200,00

Nota-se que, o capital investido para o motor a diesel é menor que o capital investido para o motor elétrico, os valores chegam a R\$ 90.212,00, logo o capital investido para a implantação para o motor a diesel, é de 23,8% menor que o capital a ser investido no motor elétrico, devido ao fato da adutora do motor a diesel possuir um comprimento menor que a do motor elétrico, portanto necessita de menos tubos e isso torna o custo de implantação menor.

O fluxo de caixa é apresentado na tabela 8. O motor elétrico possui um valor maior de fluxo de caixa devido ao seu custo de funcionamento ser menor que o do motor a diesel.

O fluxo de caixa foi utilizado para o cálculo do VPL, TIR e PayBack também conhecido como tempo de retorno do empreendimento, apresentados na tabela 9.

Tabela 8: Valores de entradas, defensivos, custos de operação, manutenção, mão de obra e fluxo de caixa anual, o motor elétrico e motor a diesel.

	ELÉTRICO	DIESEL
RECEITA BRUTA (R\$)	326700,00	326700,00
DEFENSIVOS (RS)	20000,00	20000,00
CUSTOS DE OPERAÇÃO (R\$)	5510,20	27898,40
MANUTENÇÃO (R\$)	5000,00	8000,00
MÃO DE OBRA (R\$)	25000,00	25000,00
FLUXO DE CAIXA (R\$)	271189,80	245801,60

Tabela 9: Valores de Valor presente líquido, Taxa interna de retorno e tempo de retorno para as duas situações.

Ano	Motor Elétrico	Ano	Motor Diesel
0	-R\$ 379.412,00	0	-R\$ 289.200,00
1	R\$ 271.189,80	1	R\$ 245.801,60
2	R\$ 271.189,80	2	R\$ 245.801,60
3	R\$ 271.189,80	3	R\$ 245.801,60
4	R\$ 271.189,80	4	R\$ 245.801,60
5	R\$ 271.189,80	5	R\$ 245.801,60
6	R\$ 271.189,80	6	R\$ 245.801,60
7	R\$ 271.189,80	7	R\$ 245.801,60
8	R\$ 271.189,80	8	R\$ 245.801,60
9	R\$ 271.189,80	9	R\$ 245.801,60
10	R\$ 271.189,80	10	R\$ 245.801,60
11	R\$ 271.189,80	11	R\$ 245.801,60
12	R\$ 271.189,80	12	R\$ 245.801,60
13	R\$ 271.189,80	13	R\$ 245.801,60
14	R\$ 271.189,80	14	R\$ 245.801,60
15	R\$ 271.189,80	15	R\$ 245.801,60
i (%)	8,00	i (%)	8,00
TIR (%)	71,45	TIR (%)	84,99
VPL(R\$)	1.941.831,31	VPL(R\$)	1.814.733,56
PayBack	1,399064419	PayBack	1,176558655

Os valores encontrados para VPL são satisfatórios para as duas situações, mostrando que o empreendimento possui uma rentabilidade, porém o para o motor elétrico o VPL apresenta um valor de R\$ 127.097,75 maior que o motor a diesel, pois possui um custo de

funcionamento menor, os valores de TIR foram satisfatórios para as duas situações, no entanto o motor a diesel apresenta um valor de 13,54% maior que o elétrico, logo o motor a diesel rende mais economicamente por possuir um custo de investimento menor, porém por não levar em consideração o valor temporal do dinheiro o VPL se tornar mais confiável, ao relacionarmos o investimento com o fluxo de caixa do sistema, nota-se que o tempo de retorno é menor para o motor a diesel, porém essa diferença é pouca e pode ser considerada irrelevante, logo como o motor elétrico possui uma série de vantagens, como manutenção mais fácil, maior eficiência, não é necessário reabastecer o motor com nenhum combustível e também um custo de funcionamento quatro vezes mais barato em relação ao motor a diesel, o motor elétrico se torna mais viável.

CONCLUSÃO

Com base nos estudos realizados constatou-se que o motor elétrico apesar de possuir um custo de implantação elevado em relação ao motor de combustão interna, e o tempo de retorno do motor de combustão interna ser menor, a diferença no tempo de retorno para as duas situações foram mínimas, logo o motor elétrico é mais viável para o sistema pois apresenta uma série de vantagens em relação ao motor a diesel.

REFERÊNCIAS:

- BARRETO, ANTÔNIO CARLOS. **Efeitos de sólidos totais da água residuária de uma suinocultura no desempenho de um sistema de irrigação com carretel enrolador**. 2007. 88 p. Tese (Doutorado em irrigação e drenagem) Universidade Federal de Lavras, 2007
- BERNARDO, Salassier. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Viçosa: MMA, SRH, ABEAS, UFV 34 (1997).
- BERNARDO, Salassier. Manejo da irrigação na cana-de-açúcar. **Revista Alcoobrás, São Paulo**, n, 2006.
- BREALEY, Richard A.; MYERS, Stewart C.; ALLEN, Franklin. **Princípios de finanças corporativas**. 10. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.
- CAMPOS, Patrick Francino, RIBEIRO, Pedro Henrique Pinto, PEDROZO, Marcelo Augusto, SOARES, Rogério Augusto Bremm, JÚNIOR, José Alves, EVANGELISTA, Adão Wagner Pego. **Efeito de diferentes lâminas de reposição hídrica e cobertura do solo com palha na produtividade da cana-de-açúcar**. 2013. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/xmlui/bitstream/handle/ri/13782/Artigo%20-%20Patrick%20Francino%20Campos%20-%202013.pdf?sequence=5&isAllowed=y>>. Acesso em 15 de maio de 2018
- CARVALHO, J. de A.; BRAGA JÚNIOR, R. A.; REIS, JBRS. Análises de custos na escolha do tipo de motor para acionamento de bombas em áreas irrigadas. **Ciência e Agrotecnologia**, p. 434-440, 2000.
- CARVALHO, Djalma Francisco. Instalações elevatórias. **Bombas. FUMARC-Fundação Mariana Resende Costa. 5ª Edição. Belo Horizonte**, 1992.
- DANTAS NETO, J.; FIGUEREDO, J. L. C.; FARIAS, C. H. de A.; AZEVEDO, H. M. de; FRIZZONE, J. A.; ANDRADE J.. **Planejamento de irrigação: análise de decisão de investimento**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA, 2005. 626 p.
- FREITAS, Ricardo Galvão De; BAFFA, David Carlos Ferreira; BRASIL, René Porfirio Camponez De. Aumento na produtividade da cana-de-açúcar através da irrigação. **Nucleus**, 2009. Disponível em: <<http://nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/91/282>> :Acesso em 13 de maio de 2018.
- FAO,2007. **Agriculture and water scarcity: a programmatic approach to water use efficiency and agricultural productivity**. Twentieth Session, Committee on Agriculture, COAG/2007/7. Rome.
- FIGUEIREDO, M.G. de; FRIZZONE, J.A.; PITELLI, M.M.; REZENDE, R. **Lâmina ótima de irrigação do feijoeiro, com restrição de água, em função do nível de aversão ao risco do produtor**. Acta Scientiarum Agronomy. Maringá, v.30, p.81-87, 2008.

LIVINGSTONE, J.L., 1997 – **The Portable MBA in Finance and Accounting** – John Wiley and Sons, INC., 607 p.

SANTOS, M.V.M.D. **Caracterização hidráulica de carretéis enroladores durante o seu deslocamento.** Lavras : UFLA 2012 Tese (Mestrado) Universidade Federal de Lavras 2010. Disponível em : < http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1468/1/TESE_Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20hidr%C3%A1ulica%20de%20carret%C3%A9is%20enroladores...pdf > Acesso em 28 de Maio de 2018

MATIOLI, C. S.; FRIZZONE, J. A.; PERES, F. C. Irrigação suplementar cana-de-açúcar: modelo de análise de decisão para a Região Norte do Estado de São Paulo. **STAB**, Piracicaba, v.17, n.2, p.42-45, 1998.

MELO, José Flavio. **Custos da irrigação por aspersão em Minas Gerais.** 1993. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa. 147 p. (Tese de Mestrado em Engenharia Agrícola)

MUKHERJI, A.; et. al. **Revitalizing Asia's irrigation: to sustainably meet tomorrow's food needs.** Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute; Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009.

PRADO, Giuliani do; COLOMBO, Alberto; BIAGIONI, Priscila F. Ângulo de giro e espaçamento entre carreadores em sistemas auto propelidos de irrigação com o aspersor PLONA-RL400. **Engenharia Agrícola**, 2007. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v27n2/a03v27n2> > Acesso em 24 de maio de 2018

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Artmed. 4.ed. Porto Alegre, 2009. p. 60-64.

TURCO, J. E. P., RIZZATTI, G. S.; PAVANI, L. C. **Custo de energia elétrica em cultura do feijoeiro irrigado por pivô central, afetado pelo manejo da irrigação e sistemas de cultivo.** Engenharia Agrícola, v. 29, n. 2, p. 311-320, 2009

VILELA, L. A. Irrigação por auto propelido e pivô central. **Lavras: UFLA/FAEPE**, 1999.

ZORZETTO, Ricardo. **Premissas de eficiência energética no dimensionamento elétrico de um motor gerador a diesel.** 2015. Disponível em : < http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/1313/Zorzetto_Ricardo.pdf?sequence=1 > Acesso em 01 de Junho de 2018.