



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
U. A. CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

COORDENAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

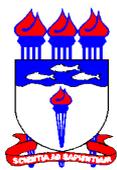


DAVI COSTA SALEME

*PRÉ-SELEÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO EM CANA-DE-AÇÚCAR, PARA AS
CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO DE SÃO MIGUEL DOS CAMPOS – AL*

RIO LARGO – ALAGOAS

2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
U. A. CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS



COORDENAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PRÉ-SELEÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO EM CANA-DE-AÇÚCAR, PARA AS
CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO DE SÃO MIGUEL DOS CAMPOS – AL

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao Centro de Ciências
Agrárias, como parte dos
requisitos para obtenção do título
de Engenheiro Agrônomo.

Rio Largo/AL - Brasil

Dezembro / 2010



ATA DE REUNIÃO DE BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 13 (treze) dias do mês de dezembro do ano de 2010, às 14h00min (quatorze) horas, sob a Presidência do Prof^o. Dr^o. Guilherme Bastos Lyra, em sessão pública na sala de aula de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, campus Delza Gitaí, km 85 da BR 104 Norte, Rio Largo-AL, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa do trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “**PRÉ-SELEÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO EM CANA-DE-AÇÚCAR, PARA AS CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO DE SÃO MIGUEL DOS CAMPOS – AL**”, do aluno DAVI COSTA SALEME, sob matrícula constituída: 2004G21D012V, requisito obrigatório para conclusão do Curso de Agronomia, assim constituída: Prof^o. Dr^o. **GUILHERME BASTOS LYRA**, CECA/UFAL (Orientador); Prof^o. MSc. **IÊDO TEODORO**, CECA/UFAL; Prof^a. **LIGIA SAMPAIO REIS**, CECA/UFAL e Eng^o. Agrícola **ANTONIO DE ALMEIDA SORIANO FILHO**, USINA ROÇADINHO (Gerente de Oficina Agrícola). Iniciados os trabalhos, foi dado a cada examinador um período máximo de 30 (trinta) minutos para a arguição ao candidato. Terminada a defesa do trabalho, procedeu-se o julgamento final, cujo resultado foi o seguinte, observada a ordem de arguição: Prof^o. Dr. **GUILHERME BASTOS LYRA**, nota 9,0 (nove); Prof^o. MSc. **IÊDO TEODORO**, nota 9,0 (nove); Prof^a. **LIGIA SAMPAIO REIS**, nota 9,0 (nove) e Eng^o. Agrícola **ANTONIO DE ALMEIDA SORIANO FILHO**, nota 9,0 (nove). Apuradas as notas, o candidato foi considerado **APROVADO**, com média geral **9,0** (nove). Na oportunidade o candidato foi notificado do prazo máximo de 30 (trinta) dias, a partir desta data, para entrega à Coordenação do trabalho de Conclusão de Curso, devidamente protocolada, da versão definitiva do trabalho definido, em 4 (quatro) vias, impressas e encadernadas, e uma cópia digitalizada em CD com alterações sugeridas pela Banca, sem o que esta avaliação se tornará sem efeito, passando o aluno a ser considerado reprovado. Nada mais havendo a tratar, os trabalhos foram encerrados para a lavratura da presente ATA, que depois de lida e achada conforme, vai assinada por todos os membros da Banca examinadora, pela Coordenadora do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) e pela Coordenadora do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo/AL, 13 de Dezembro de 2010.

1º Examinador

Prof^o. Dr^o. Guilherme Bastos Lyra (Orientador)

2º Examinador

Prof^o. MSc. Iêdo Teodoro

3º Examinador

Prof^a. Dr^a. Ligia Sampaio Reis

4º Examinador

Eng^o. Agrícola Antonio de Almeida Soriano Filho

Coordenadora do TCC

Prof^a. Dr^a. Roseane Cristina Predes Trindade

Coordenadora do Curso de Agronomia

Prof^a. Dr^a. Leila de Paula Rezende

Aos meus pais Washington e Nelza, pela saúde, educação e formação que me proporcionaram, responsáveis pelo meu caráter e dedicação à vida. Sempre apoiaram minhas decisões e acreditaram em meus ideais.

À minhas irmãs Lívia e Sara, pelos ótimos momentos compartilhados em nossa infância e o amor fraterno.

Ao meu sobrinho Césinha, pelo amor, identificação e sua índole inquestionável.

À minha namorada Marina, por sempre ter acreditado na minha capacidade. Pelo amor, carinho, compreensão, paciência e apoio nos momentos mais difíceis. Por sempre ter me ajudado, incentivado e cobrado pelo término deste trabalho.

Dedico

Ao meu orientador, professor e amigo Guilherme Bastos Lyra,

Pela iniciativa em desenvolver esse trabalho, de uma forma objetiva e realista, em prol de uma metodologia viável para utilização da irrigação em cana-de-açúcar.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

À Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias, representada pelos professores Gilson Moura Filho, Mauro Wagner, João Correia, Geraldo Veríssimo e José Leonaldo.

À Coordenadora Leila Rezende, por sempre me atender, escutar e ajudar nas dificuldades encontradas nessa minha jornada acadêmica.

Ao Professor Iêdo Teodoro, por sua simplicidade como pessoa, trajetória de vida e exemplo de profissional a ser seguido.

À Professora Ligia, pela simpatia, atenção e identificação. Pelo acolhimento e ensinamentos atribuídos a minha pessoa.

Às amigas feitas durante o curso, representadas por Vitor Marinho, Valdelane Tenório, Jener Batista, Sâmia Malta, Darcy Sampaio, Israel Lyra, Diogo Murta, João Paulo Carozo, João Rubens Fernandes, Leonardo Fonseca e Érika Cristina.

Aos colegas do curso que compartilhei essa trajetória, em especial ao João Victor, pela contribuição e incentivo no início desse trabalho.

As empresas que me deram a oportunidade de estágio, contribuindo para o meu aprendizado e formação de Agrônomo.

À Usina Caeté, representada pelo Gerente Agrícola Maurício Lyra, por ter me recebido e proporcionado a realização desse trabalho na unidade agroindustrial.

Ao meu sogro, Antonio Soriano, pelo incentivo, orientação e vibração que me foi passada nessa reta final de graduação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Irrigação por aspersão convencional (canhão hidráulico).....	XVII
Figura 2.	Irrigação por aspersão (carretel rolante).....	XIV
Figura 3.	Irrigação por aspersão do tipo pivô central.....	XIX
Figura 4.	Irrigação por aspersão do tipo linear móvel (Usina Caeté).....	XX
Figura 5.	Irrigação localizada por gotejamento.....	XXI
Figura 6.	Localização do município de São Miguel dos Campos – AL.....	XXIII

SUMÁRIO

RESUMO.....	08
ABSTRACT.....	09
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1. Cana-de-açúcar.....	12
2.2. Climatologia e condições hídricas.....	12
2.3. Irrigação.....	13
2.3.1. Irrigação por superfície.....	14
2.3.2. Irrigação por aspersão.....	15
2.3.3. Irrigação localizada.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1. Levantamento e caracterização da área.....	21
3.2. Avaliação para pré-seleção de sistemas de irrigação.....	22
3.2.1. Objetivos do empreendimento.....	22
3.2.2. Levantamento dos fatores que afetam a seleção do método.....	22
3.2.3. Pré-seleção dos métodos mais adequados.....	27
3.2.4. Dimensionamento dos sistemas e análise econômica.....	28
3.2.5. Seleção final.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5. CONCLUSÕES.....	32
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	33
7. ANEXO.....	36

RESUMO

SALEME, D.C. PRÉ-SELEÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO EM CANA-DE-AÇÚCAR, PARA AS CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO DE SÃO MIGUEL DOS CAMPOS – AL. Rio Largo: UFAL-CECA, 2010. 37 p. (Trabalho de Conclusão de Curso).

A prática da irrigação em cana-de-açúcar nos períodos secos é fundamental para um bom desenvolvimento da cultura e obtenção satisfatória de produtividade agroindustrial. O uso de sistemas de irrigação adequados requer um estudo detalhado da área e dos fatores que influenciam no manejo eficiente da irrigação. Com isso, analisam-se os principais sistemas de irrigação, os fatores que influenciam na pré-seleção, e a escolha dos métodos que melhor corresponderão à necessidade hídrica, a viabilidade econômica e produção desejada da cultura. Os principais objetivos a serem atingidos com a pré-seleção de sistemas de irrigação são os de ordem econômica. Como toda adoção de tecnologia na agricultura de sistemas de irrigação visa, em primeiro lugar, viabilizar a atividade econômica exercida pelos empreendedores, seja através da garantia de produção como pelo aumento de lucratividade. Através das maiores pontuações, a irrigação por aspersão convencional e convencional/fixa foram os sistemas que obtiveram os melhores resultados. Como Segunda opção, o sistema de irrigação localizada fitagotejadora. Entretanto na área estudada o sistema implantado é do tipo liner móvel, necessitando maiores estudos de viabilidade econômica que confrontem os diversos sistemas que poderiam ser implantados pelo método sugerido com o da Usina.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar, sistemas de irrigação

ABSTRACT

SALEME, D.C. PRE-SELECTION OF IRRIGATION SYSTEMS IN SUGARCANE FOR THE CHARACTERISTICS OF THE REGION OF SÃO MIGUEL DOS CAMPOS – AL. Rio Largo: UFAL-CECA, 2010. 40 p. (Finals Period).

The practice of irrigation of sugar cane in dry periods is essential for good crop development and obtaining satisfactory productivity agribusiness. The use of appropriate irrigation systems requires a detailed study of the area and the factors that influence the efficient management of irrigation. With this, we examine the major irrigation systems, factors that influence pre-selection and choice of methods that best correspond to water need, feasibility and economic production of desired culture. The main objectives to be achieved with the pre-selection of irrigation systems are the economic order. Like all technology adoption in agriculture irrigation systems aimed, firstly, enable the economic activity carried out by entrepreneurs, either through the Treble hooks and by increased production profitability. Through the highest scores, by sprinkler irrigation and conventional fixed systems that were obtained the best results. As a second option, the irrigation system drip tape, however in the study area the implanted system is a linear mobile, requiring greater economic feasibility studies that confront the various systems that could be deployed by the suggested method with the plant.

Key words: Sugarcane, irrigation systems

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das culturas agrícolas mais importantes do mundo, gerando vários empregos diretos e indiretos. É a principal matéria-prima para a fabricação do açúcar, álcool (etanol), aguardente e fonte de energia alternativa, além de ser utilizada como forrageira na forma *in natura* (Santos et al, 2010). O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com produção de 600 milhões de toneladas de cana, numa área de 7,8 milhões de hectares. (CONAB, 2010). Em Alagoas é a principal cultura do Estado, gerando 91 mil empregos diretos e indiretos, com uma área de 413 mil hectares e produção de 29 milhões toneladas de cana na safra 2007/2008 (SINDAÇÚCAR, 2009).

Para satisfazer à capacidade de moagem das usinas sucroenergéticas, as unidades industriais estão investindo em novas tecnologias que aumentam o rendimento agroindustrial da cultura da cana-de-açúcar. Nesse sentido, a irrigação é uma das alternativas tecnológicas que verticaliza significativamente a produção dos cultivos agrícolas, principalmente no nordeste brasileiro, onde a deficiência hídrica impossibilita a competição no mercado nacional e internacional. No Brasil o uso de irrigação em cana-de-açúcar vem sendo bastante difundido. Porém, muitos métodos e sistemas são apenas utilizados por modismo ou impulsionados pela pressão comercial. A irrigação nesta cultura pode ser economicamente viável desde que se utilize o método, o sistema e o manejo adequados.

No estado de Alagoas, a produtividade agrícola média ainda é considerada baixa (63 t.ha^{-1}), onde grande parte dessa baixa produtividade esta relacionada com as irregularidades pluviométricas. Na região canavieira alagoana, a precipitação pluvial anual varia de 1.200 a 2.000 mm. Porém, 70 a 80% das chuvas se concentram entre os meses de abril a agosto, com período de seca que se estende de outubro a fevereiro, quando ocorre déficit hídrico bastante acentuado (Souza et al, 2003). Observa-se que no periodo seco ocorrem altas temperaturas e elevada radiação solar, necessitando de suprimento de água via irrigação, para evitar estresse hídrico elevado.

O suprimento racional de água é visto como ponto chave para aumentar os índices produtivos da cultura e a quantificação das necessidades hídricas das plantas depende de vários fatores, como as características climáticas, física do solo e da fisiologia da própria cultura. Porém, antes de se utilizar a irrigação deve-se, primeiramente, avaliar se há necessidade e viabilidade dos projetos em função das condições desses fatores (Santos et al, 2010).

A escolha dos sistemas de irrigação apropriados a cada tipo de situação e condições da área pode interferir de modo positivo ou negativo no seu uso. Para que se obtenha a escolha apropriada, necessita-se de análises e caracterização da área a ser implantado o sistema de irrigação e dos fatores que influenciarão na escolha do método mais adequado. Cada método apresenta características peculiares e podem ser adaptados aos mais diferentes tipos de situação. O uso de métodos, de maneira inadequada ou não adaptada, reduz sua eficiência.

De acordo com o presuposto objetivou-se nesse trabalho avaliar uma metodologia de pré-seleção de sistemas de irrigação, em função dos principais fatores que influenciam na escolha dos sistemas de irrigação mais adequados para a região de São Miguel dos Campos – AL.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é planta C4, monocotiledônea e pertencente à família Poaceae. As principais espécies surgiram na Oceania (Nova Guiné) e na Ásia (Índia e China). As variedades cultivadas no Brasil e no mundo são híbridos multiespecíficos (Rodrigues, 1995). Sua propagação comercial ocorre por via assexuada, se desenvolve em forma de touceira, onde uma parte aérea é formada por colmos, folhas e inflorescências, e outra subterrânea, constituída de raízes e rizomas.

São vários os produtos obtidos desta planta que podem ser explorados comercialmente. Destacando-se a sacarose, pois dela se obtêm açúcar e etanol, considerados de maior importância para o setor canavieiro (Santos et al, 2010). Diversos fatores têm interferido na produção da cana-de-açúcar, sendo os principais a interação edafoclimática, a variedade cultivada e o manejo da cultura (Maule et al,2001).

2.2. Climatologia e necessidades hídricas

O clima é a integração das condições do tempo para certo período, em determinada área e tem fundamental importância para as atividades agrícolas (Vianello e Alves, 1991). Para o desenvolvimento da planta, vários elementos são decisivos, tais como, a radiação solar, a umidade relativa do ar, a temperatura e a precipitação pluvial. Desta forma, estudar a cultura no seu ambiente de cultivo pode definir as cultivares e as técnicas de cultivo mais indicadas, explorando ao máximo os recursos naturais para promover melhor rendimento da cultura e consequentemente maior lucratividade para o produtor (Maule et al,2001).

A temperatura do ar exerce grande influência no crescimento dos colmos da cana-de-açúcar. Em temperaturas abaixo de 25°C e superiores a 35°C o crescimento torna-se lento, e em locais com menos de 20°C e acima de 38°C o crescimento é nulo. Em razão da falta de resistência às baixas temperaturas, a cultura se adapta melhor numa faixa de latitude de 35°N a 30°S e em altitudes que variam desde o nível do mar até 1.000 metros (Rodrigues, 1995).

Ainda de acordo com Rodrigues (1995), a radiação solar é outro fator que influencia no desenvolvimento dos vegetais, como planta C4, a cana-de-açúcar possui alta eficiência fotossintética em alta intensidade de luminosidade, formando colmos mais grossos e curtos, e

folhas longas e mais verdes com perfilhamento mais intensivo. Em casos de baixa irradiância, os colmos são mais finos e longos, e as folhas estreitas e amarelas.

A irregularidade dos eventos de chuva está entre os principais fatores determinantes dos sistemas de produção agrícola a ser implantados, o que pode definir o uso de irrigação ou até mesmo a inviabilidade do cultivo de determinada cultura (Ramos, 2006). Entre os recursos que a planta necessita para crescer e se desenvolver, a água é o mais limitante, logo, a produtividade agrícola é controlada principalmente pela disponibilidade de água (Kerbaury, 2004).

A cana-de-açúcar exige de 1.600 a 2.300 mm de água por ciclo vegetativo durante as fases de estabelecimento e crescimento vegetativo. Pois a umidade no solo influencia na germinação dos toletes, porque para germinar, os mesmos requerem uma percentagem em torno de 15 a 20% de água no solo (Barreto, 2000).

2.3. Irrigação

De acordo com Santos et al (2010), a irrigação consiste na aplicação eficiente de água no solo, na quantidade adequada e no momento certo, com a finalidade de manter a umidade em níveis adequados que favoreçam o pleno desenvolvimento da cultura.

No passado, a utilização da irrigação era uma opção técnica de aplicação de água que visava principalmente à luta contra o estresse hídrico em determinados períodos do ano. Atualmente, a irrigação, no foco do agronegócio, insere-se num conceito mais amplo de agricultura irrigada, sendo estratégia para aumento da rentabilidade da propriedade agrícola de forma sustentável, preservando o meio ambiente e criando condições para manutenção do homem no campo, através da geração de empregos permanentes e estáveis. A irrigação da cana-de-açúcar traz diversos benefícios, como aumento da produtividade de colmo e do teor de sacarose, precocidade da colheita, longevidade do canavial, baixo índice de tombamento, facilitando a colheita mecanizada, e maior resistência a pragas e doenças (Santos et al, 2010). Porém, quando mal manejada, propicia desvantagens através do consumo de grande volume de água, excesso de aplicação em muitas áreas, possibilidade de problema ambiental e limitação de recursos hídricos em muitas regiões.

A aplicação da água na agricultura é feita por meio de métodos e sistemas de irrigação, que vêm a ser o conjunto de técnicas e equipamentos que promovem a distribuição da água às plantas cultivadas em quantidade e frequência adequadas a fim de garantir seu perfeito desenvolvimento e produção com uso racional da água.

Existem várias classificações para os métodos de irrigação, uma delas divide-se em: 1) Superfície (sulcos, faixas e tabuleiros); 2) Aspersão (linear móvel, pivô central, autopropelido, ramal volante e convencional); e Localizada (gotejamento, fitagotejadora e microaspersão). Cada sistema de irrigação tem suas particularidades, suas vantagens e suas desvantagens; dessa forma não se pode dizer qual o melhor. Pois o melhor é aquele que preenche as necessidades hídricas da cultura, de acordo com as condições globais da propriedade (Albuquerque & Durães, 2008).

2.3.1. Irrigação por Superfície

A irrigação por superfície se caracteriza por promover a distribuição da água sobre a superfície do terreno, utilizando a força da gravidade para movimentá-la. Exigindo, portanto, áreas sistematizadas e com declividades, em geral, de 0 a 2%. Geralmente, são sistemas não pressurizados.

Devido à forma de distribuição de água, é um método de irrigação que consome mais água quando comparado com os outros sistemas, em razão de menor eficiência de aplicação e distribuição de água, decorrente de grandes perdas durante a aplicação. Esse sistema não é recomendado para solos com alta permeabilidade, por proporcionar grandes perdas por percolação, e para solos instáveis, pela formação de caracteres quando molhados.

- Sistema de Irrigação por Sulco:

Neste sistema, a água é aplicada em pequenos canais ou sulcos situados paralelamente à fileira das plantas ao longo do sulco, movimentando-se vertical e lateralmente, umedecendo o perfil do solo. A distribuição de água para os sulcos pode ser feita por sifão, bacias auxiliares e tubos janelados. E pode ser dividido em sulcos simples, comuns ou de terras planas, em contornos, em corrugação, em nível e em zigue-zigue. Segundo Bernardo (1982), é um método de irrigação que se adapta à maioria das culturas, principalmente às cultivadas em fileira, como: olerícolas, milho, feijão, algodão, trigo, pomares, uva, etc.

Em contraste com outros métodos, a irrigação por sulco não molha toda superfície do solo, pois, normalmente, molha de 30 a 80% da superfície total. Com isso, diminuem as perdas por evaporação, reduzindo a formação de crosta na superfície dos solos argilosos e tornando possível cultivar o solo e realizar colheitas logo após as irrigações, o que não ocorre com os outros sistemas, exceto o gotejamento (Bernardo, 1982).

- Sistema de Irrigação por Inundação:

É uma das formas de irrigação mais simples e mais usadas no mundo. Neste sistema, a água é aplicada em bacias ou tabuleiros de forma intermitente ou permanente. De acordo com Albuquerque & Durães (2008), na irrigação por inundação permanente, a água é mantida sobre a superfície do solo praticamente durante todo o ciclo da cultura. E a irrigação por inundação intermitente é semelhante à irrigação por faixa, porém não ocorre escoamento permanente de água pela área, pois os tabuleiros são contornados com taipas ou diques, retendo a água por determinado tempo.

- Sistema de Irrigação por faixa:

É um sistema em que a água é aplicada em faixas de terras, geralmente com certa declividade longitudinal, separadas por elevações denominadas diques ou taipas. A declividade transversal deve ser nula, para se obter melhor uniformidade de distribuição da água (Bernardo, 1982). A geometria da seção de escoamento (forma) na irrigação por faixa é mais simples, e a infiltração de água no solo ocorre basicamente na direção vertical, o que não acontece na irrigação por sulco (vertical e lateral).

2.3.2. Irrigação por Aspersão

Trata-se de um sistema pressurizado que geralmente necessita de sistema de bombeamento. É muito utilizado devido à sua ampla aplicabilidade, apresentando boa uniformidade de aplicação de água (75 - 90%). Pode ser feita em Sistemas Móveis (portátil, em que toda ou parte da tubulação é desmontável); e Fixo (toda tubulação é fixa no campo). Neste método de irrigação a água é aspergida sobre as plantas simulando uma chuva.

De acordo com Santos et al (2010), esse método adapta-se a diferentes tipos de solos e culturas, podendo ser usado onde o terreno apresenta topografia acidentada. Por outro lado, o método de irrigação por aspersão apresenta limitações, como baixa eficiência, quando usado em locais sujeitos a ventos com velocidade média superior a 4 m.s^{-1} , e elevada interferência nos tratamentos fitossanitários, por efetuar a lavagem de produtos químicos pulverizados na parte aérea das plantas.

- Sistema de Irrigação Convencional:

A aspersão convencional é o sistema básico de irrigação por aspersão do qual derivam todos os demais e caracteriza-se pelo uso de tubulações móveis de engate rápido ou fixo e enterrado, com vários aspersores funcionando simultaneamente numa mesma linha lateral, irrigando normalmente áreas pequenas ou médias.

Este sistema tem consumo médio de energia e muita exigência em mão-de-obra para mudança das linhas e necessita da utilização de peças especiais para seu funcionamento adequado. Os sistemas de irrigação por aspersão convencional permitem muitas possibilidades de adaptações, visando à economia no uso da mão-de-obra, melhoria na eficiência de irrigação e adequação às distintas situações de campo (Santos et al, 2010).



Figura 1. – Irrigação convencional (canhão hidráulico)

- Sistema de Irrigação tipo Autopropelido:

Nesse sistema, o aspersor é um canhão hidráulico montado sobre uma plataforma, que se desloca em movimento retilíneo ao longo da área a ser irrigada. É tracionado por cabo de

aço ou mangueira e apresenta grande consumo de energia e média eficiência de irrigação. É um sistema utilizado para irrigação de pastagens, citros, cana-de-açúcar e aplicação de águas residuárias na agricultura (Bernardo, 1982).

Exige um motor para a propulsão, um aspersor do tipo canhão, uma mangueira de alta pressão (até 500 m), um cabo de aço, um carretel enrolador (dependendo do tipo de movimentação) e uma plataforma para instalação. Normalmente o ângulo de giro do aspersor é de 330° para manter seca a faixa de movimentação do carro ou aspersor.



Figura 2. – Irrigação tipo autopropelido (carretel enrolador)

- Sistema de Irrigação tipo Pivô Central:

É um sistema com aplicação de água através de aspersores, difusores ou emissores localizados em bengalas. Apresenta médio consumo de energia e baixa necessidade de mão-de-obra, possibilitando a irrigação de médias e grandes áreas. Apresenta movimentação circular, movido por energia elétrica e possui uma linha lateral de 200 a 800 m, suspensa por uma estrutura formada por torres dotadas de rodas, triângulos e treliças. As torres de movimentam independentemente, devido a motores individuais para cada torre. Seu sistema

de propulsão promove movimento de rotação da linha em torno de um ponto pivô, que lhe serve de tomada de água e ancoragem (Montovani et al, 2009).

Albuquerque & Durães (2008), dizem que pivôs têm custo inicial médio, mas o requerimento de mão-de-obra para operação é mínimo. Quanto mais longa for a lateral, menor será o custo do sistema por unidade de área.



Figura 3. – Irrigação pivô central. Em destaque ponto central (torre)

- Sistema de Irrigação tipo Linear Móvel:

Semelhante ao pivô central possui a mesma estrutura para sustentar e movimentar a linha lateral única; o deslocamento da linha principal se dá de forma lateral e ao longo da área, sem a existência de um ponto central (pivô). Os sistemas lineares irrigam áreas quadradas ou retangulares e com relevo levemente acidentado. Para obter a melhor relação custo/benefício, o ideal são áreas retangulares, em que o comprimento seja, no mínimo, de quatro a seis vezes maior do que a largura. Deve-se avaliar a topografia, pois esta será a principal limitação para o uso desse tipo de equipamento. O sistema linear tem sido utilizado

para irrigação em cana-de-açúcar, com vista à ampliação da área irrigada e à viabilidade econômica do sistema (Montovani et al, 2009).



Figura 4. – Irrigação Linear móvel

2.3.3. Irrigação Localizada

É o sistema de irrigação mais recentemente utilizado em cana-de-açúcar, em que a água é aplicada diretamente na região radicular em pequenas intensidades (baixa vazão) e alta frequência (turno de rega pequeno, de 1 a 4 dias), mantendo esse solo próximo a capacidade de campo. Nesse sistema, a água se distribui por uma rede de tubos, sob baixa pressão. Os emissores são fixos nas tubulações dispostas na superfície do solo ou enterradas, acompanhando as linhas de plantio. Este tipo de irrigação apresenta um controle rigoroso da quantidade de água fornecida às plantas, possibilitando grande economia de água e energia. Além de ser usualmente semiautomatizado ou automatizado, necessitando de menos mão-de-obra para o manejo do sistema. O uso desse sistema permite o cultivo em áreas com afloramentos rochosos e, ou, com declividades acentuadas. Porém, requer de um alto custo inicial e oferece elevado potencial de entupimento dos emissores, necessitando um sistema de filtragem, além de requerer a manutenção com maior frequência. Normalmente a irrigação localizada é executada por sistemas de gotejamento e microaspersão.

- Sistema de Irrigação por Gotejamento:

O gotejamento é composto por emissores, denominados de gotejadores, através dos quais a água escoia após ocorrer uma dissipação de pressão ao longo da rede de condutos. As vazões são usualmente pequenas, variando 2 a 20 L.h⁻¹. O uso da irrigação por gotejamento vem crescendo nos últimos anos, principalmente pela grande economia no consumo da água que a mesma proporciona, no entanto, por se tratar de um sistema fixo, os elevados custos de instalação tendem a inibir a utilização desta técnica. O gotejamento requer uma mão-de-obra extremamente especializada. Pode ser superficial e sub-superficial e em cana-de-açúcar, principalmente em grandes áreas, o mais recomendado é o sub-superficial.

- 1,40 x 0,40 m

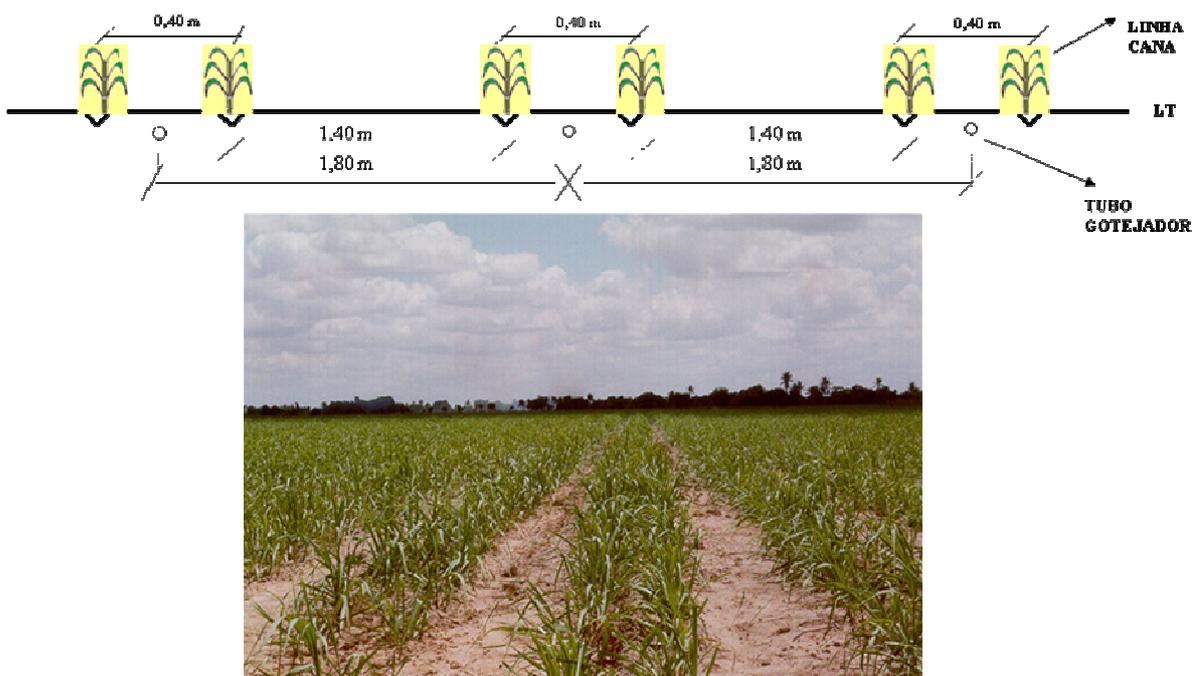


Figura 5. – Espaçamento das fitagotejadoras e da cultura (Silva, 2008)

- Sistema de Irrigação por Microaspersão:

A microaspersão é composta por emissores, denominados de microaspersores, através dos quais a água é aspergida. As vazões são usualmente pequenas, variando de 20 a 150 L.h⁻¹. Em culturas anuais, como a cana-de-açúcar a linha lateral contém saídas ou emissores fabricados em uma única peça, usualmente com pequeno espaçamento (0,15 a 1m).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Fonte de dados e Caracterização da área a ser irrigada

O trabalho foi direcionado para a Fazenda Carobas, de propriedade da Usina Caeté, no Município de São Miguel dos Campos, que compreende uma área de 1.500 hectares, com a finalidade de cultivo de cana-de-açúcar. O Município está localizado a 60 km da capital (Figura 7) e caracteriza-se como Microrregião de tabuleiros costeiros, na Zona da Mata Alagoana. Sua topografia é plana, sem obstruções na área, apresenta solos de textura média e taxa de infiltração de água moderada (solo de VIB: 0,5 – 1,5 cm.h⁻¹). A fonte de água proveniente da sub-bacia de São Miguel apresenta disponibilidade de cerca de 1,4m³.s⁻¹ para o suprimento contínuo e superficial, já que o rio Sumaúma passa nas proximidades. As chuvas são irregulares, o clima úmido e com altas temperaturas, em que o vento tem pouca influência, pois a velocidade média oscila entre 1,2 a 2,5 m.s⁻¹.

Tabela 1 – Normais climatológicas

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS			
-----	Mínimo	Máximo	Média
Umidade Relativa do ar (%)	79,6 %	91,3 %	84,8 %
Temperatura máxima (°C)	27,6° C	33,6° C	30,7° C
Temperatura mínima (°C)	19,5° C	22,5° C	21,0° C
Temperatura média (°C)	24° C	26° C	25,0° C
Velocidade do vento (m.s ⁻¹)	1,2 m.s ⁻¹	2,5 m.s ⁻¹	1,8 m.s ⁻¹
Precipitação pluval (mm)	1200 mm	1800 mm	1536 mm
Insolação (horas)	2560 h	2800 h	2680 h
Evaporação (mm)	1200 mm	1500 mm	1350 mm
Umidade relativa do ar (%)	75 %	80 %	77,5 %
Nebulosidade (décimos)	6	7	6,5

FONTE: (INMET, 2010)

A estação meteorológica está localizada na latitude de 09°47'S; longitude de 36°06'W; e altitude de 12m (SUDENE, 2010).



Figura 6. Área canavieira do estado de Alagoas (em verde); Município de São Miguel dos Campos-AL (destacado em vermelho).

3.2. Avaliação para pré-seleção de sistemas de irrigação

Na avaliação para a pré-seleção utilizou-se a metodologia proposta pela Embrapa (Albuquerque & Durães, 2008). Esta avaliação baseia-se nos fatores que afetam a seleção do método de irrigação. Aplica-se (0) para indicar nenhuma influência na seleção; (1) indica possíveis razões para a preferência; (-1) indica possíveis razões para a escolha de outro método. Conforme Quadro 2 (Anexo).

3.2.1. Objetivos do empreendimento

Objetiva-se a maximização do retorno econômico, como também as questões sociais e ambientais. A geração de emprego, estímulo à permanência do agricultor na terra e aumento da oferta de produtos agrícolas, são considerados objetivos sociais do empreendimento. Na questão ambiental, o objetivo maior é reduzir o impacto da irrigação sobre o meio ambiente. Necessidade de manter a qualidade da água a jusante do projeto e de preservar as matas ciliares podem ajudar a definir o método e as culturas a serem plantadas.

3.2.2. Fatores que afetam a seleção do método

Fatores econômicos, características físicas da área a ser irrigada e aspectos de ordem social afetam a seleção do método de irrigação. Os fatores físicos são facilmente identificados, mas os relacionados à interação homem-sistema de irrigação costumam ser relegados. Os fatores físicos que podem afetar a seleção do método de irrigação são aqueles relacionados ao dimensionamento do sistema, como culturas, fonte de água, condições da área, clima e suprimento de energia. O levantamento e caracterização da propriedade são realizados considerando alguns fatores que implicam nas condições da área a ser irrigada.

a) Culturas:

Teoricamente, qualquer cultura pode ser irrigada por superfície, necessitando de lâminas mínimas de irrigação superiores a 50 mm. De acordo com (Albuquerque & Durães, 2008), determinadas culturas de porte alto, como milho e cana-de-açúcar, não podem ser irrigadas por aspersão do tipo ramal rolante ou rolão. De uma forma geral, os métodos de irrigação localizada adaptam-se melhor às culturas de maior valor comercial.

b) Solos:

A maior limitação dos solos para os métodos de irrigação por aspersão está relacionada com a velocidade básica de infiltração da água. Por conta da não uniformidade inerente aos métodos de aspersão. Para o método de superfície é mais adequado solos com velocidade de infiltração de água entre 12 mm.h^{-1} e 70 mm.h^{-1} . Em solos com baixa capacidade de retenção de água, os métodos de irrigação localizada são mais eficientes que os de superfície e até os de aspersão.

c) Topografia e condições da área:

Para os métodos de superfície, a declividade ideal é de 1%, acomodando-se em até 5%. Tornam-se inviáveis terrenos com áreas de formato e declividades irregulares, assim como obstrução na área. Os métodos de irrigação localizada são os mais adaptáveis às condições topográficas, tolerando uma declividade de até 60% e sendo facilmente ajustados a áreas irregulares e com obstruções. Os métodos de aspersão podem ser adaptados às mais

diversas condições de topografia, formas de área e obstruções, como limite de declividade de 30%. A topografia do terreno influencia decisivamente na escolha de um método.

d) Quantidade e qualidade da água:

De um modo geral, deve ser analisado o tipo de fonte, quantidade disponível, qualidade, planejamento de uso em função da cultura a ser irrigada, análise do ponto de captação etc. Pois no método de irrigação localizada, o gotejamento é extremamente sensível à presença de sólidos na água, requerendo assim um sistema contínuo e rigoroso de filtragem.

Os métodos de superfície requerem grandes vazões com baixa frequência. A altura de bombeamento de água deve ser considerada na seleção do método de irrigação e não tem problema se as águas possuírem elevadas concentrações de sólidos em suspensão. Os métodos de aspersão são os mais eficientes para lixiviar sais, pois a uniformidade de distribuição de água é maior e ocorre fluxo de água no solo não saturado. A filtragem de água faz-se necessária para alguns aspersores.

e) Clima:

No fator clima foram analisados dados de precipitação, temperatura, umidade relativa do ar, vento, radiação solar, ocorrência de geadas etc. O efeito do vento é de certa forma, desprezível nos métodos de superfície. Nos métodos de aspersão, o vento e a umidade relativa são os fatores relacionados ao clima mais importantes. Quando a velocidade do vento é elevada, a uniformidade de distribuição da água fica prejudicada. Nos métodos de irrigação localizada, não se verifica o efeito do vento no gotejamento e é mínimo na microaspersão, pois os emissores são baixos se estão protegidos pelas plantas. A evaporação da água do solo depende do tipo de solo, da área molhada, da frequência da irrigação e da posição da área molhada em relação à incidência de luz.

f) Eficiência de aplicação da água:

Nos métodos de superfície, a eficiência varia muito, de 40 até 80%, conforme as características locais de solo, topografia, flexibilidade no suprimento de água, na forma da área, e no manejo da irrigação. Nos métodos de irrigação de aspersão, espera-se que os sistemas autopropelido e convencionais apresentem os menores valores de uniformidade de

distribuição, de 60%. Os sistemas pivô central e linear móvel obtêm valores intermediários de uniformidade de distribuição. Já os métodos de irrigação localizada, quanto à eficiência de aplicação de água, apresentam valores maiores que os outros métodos, principalmente por permitirem o manejo mais eficiente das irrigações, as quais podem ser realizadas a qualquer hora e por qualquer duração, além da limitação de vazão inerente ao sistema pressurizado.

g) Manejo da irrigação:

Nos métodos de superfície, o manejo científico da irrigação é muito mais complicado e difícil de ser executado, pois o solo, e não os aspersores ou emissores, é que controla a lâmina de água aplicada. Em irrigação localizada, o manejo da irrigação é o mais simples e preciso de todos. Qualquer quantidade de água requerida pela cultura pode ser aplicada com boa uniformidade. A eficiência de aplicação de água anual observada tem sido em torno de 80 a 85%. Já nos métodos por aspersão, para os sistemas convencionais e laterais rolante, é desejável que a duração da irrigação seja de 12 ou 24 horas, implicando assim maior uso de mão-de-obra. Nos pivôs centrais e nos sistemas lineares, a taxa de aplicação de água é fixa, requerendo pouca mão-de-obra para operação, pois pode ser variada a velocidade de deslocamento, implicando variação na duração da aplicação (Albuquerque & Durães, 2008).

h) Necessidade e qualidade da mão-de-obra:

Esse fator requer disponibilidade local de mão-de-obra, necessidade de técnicos especializados para reparos, manutenção, operação e treinamento. Nos métodos por superfície, os sistemas mais mecanizados e automatizados requerem pessoal treinado para operar. O requerimento de mão-de-obra será proporcionalmente menor quanto maior for a vazão de projeto e mais flexível for o suprimento de água, mais bem sistematizado for o terreno e melhores forem as estruturas de distribuição de água, entre outros fatores. No método de aspersão, depende do grau de automação dos sistemas. Aspersão convencional de cobertura parcial portátil requerem mais mão-de-obra que pivô central ou sistema linear. Nos métodos de irrigação localizada, há necessidade de mão-de-obra especializada, principalmente os sistemas de gotejamento enterrado. Cuidados especiais devem ser tomados durante a colheita de certas culturas e durante os tratamentos culturais.

i) Disponibilidade de assistência técnica:

Nos métodos de irrigação por superfície, terrenos sistematizados a laser e sistemas automatizados potencialmente podem proporcionar melhor eficiência de aplicação de água e requerem menos mão-de-obra. Nos métodos por aspersão, quanto mais automatizados forem os métodos de irrigação, maior será a necessidade de assistência técnica. Os pivôs, os sistemas lineares e os convencionais de cobertura total fixos, com controle automático, são os métodos que mais demandariam assistência de boa qualidade. Em irrigação localizada, é essencial que haja, nas proximidades, empresas capacitadas para dimensionar, vender e instalar os sistemas de irrigação localizada. É fundamental que o projetista e o instalador estejam muito bem capacitados para utilização desses sistemas.

j) Fatores econômicos:

De acordo com a CEMIG (1993), o consumo médio de energia de uma área irrigada é de $2.714 \text{ kWh}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$. Assumindo que toda área irrigada brasileira utiliza energia elétrica, o que não é uma realidade, pode-se estimar o consumo de energia elétrica para irrigação no Brasil em $7.789 \text{ GWh}\cdot\text{ano}^{-1}$, correspondendo a 1,40% da capacidade instalada de geração hidráulica do país. Esses números mostram claramente que, como consumidora de energia, a irrigação participa muito pouco da energia disponível no país.

MAROUELLI e SILVA (1998) apresentam os valores do consumo médio de energia por método de irrigação, onde a irrigação localizada apresenta uma eficiência de 95% e consumo energia de $0,4 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-3}$; a irrigação por aspersão, 85% e consumo de energia de $0,6 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-3}$; e a irrigação por superfície, uma eficiência média de 75% e consumo de energia de $0,3 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-3}$. O consumo de energia é menor nos métodos convencionais e pivôs com lepa ($0,9$ a $2,1 \text{ kW}\cdot\text{h}^{-1}/\text{ha}\cdot\text{mm}^{-1}$), e muito elevados nos autopropelidos ($3,5$ a $4,9 \text{ kW}\cdot\text{h}^{-1}/\text{ha}\cdot\text{mm}^{-1}$), por operarem com pressões muito altas. Quanto mais automatizados ou mecanizados forem os métodos, mais elevados os custos com manutenção, sendo os sistemas lineares, pivôs, autopropelidos e ramal rolante os mais caros.

O método de irrigação localizada apresenta uma excelente relação custo/benefício através da economia com a mão-de-obra, fertilização, água e melhoria da produtividade e da qualidade dos produtos. Nos métodos por superfície, o custo pode ser pequeno se o terreno for plano e se a fonte de água for de fácil captação. O custo com energia será elevado se houver a necessidade de bombeamento da água da fonte. Um homem pode cuidar de cerca de 200 a

400 ha. O custo com a mão de obra depende do grau de automação do sistema e das características do projeto.

Os custos da irrigação da cana-de-açúcar variam com o método empregado, com o relevo da área, o tipo de solo, as condições climáticas e com a técnica de manejo da irrigação utilizada. Esses métodos de irrigação podem demandar custos elevados de manutenção e operação.

k) Fatores humanos e sociais:

Nos sistemas de irrigação por superfície, deve ser levado em consideração fatores como a geração de emprego, a produção local de alimentos e a utilização de equipamentos produzidos localmente. Nos métodos de irrigação localizada, devem ser levados em consideração fatores individuais e sociais. Os usuários e os operadores devem conhecer com precisão todo processo, pois a irrigação localizada é cara e de funcionamento distinto dos demais métodos. Nos sistemas de aspersão, o mais simples de se manter é o convencional do tipo cobertura parcial portátil, não exigindo tanto assim de qualificação do material humano. Já o pivô central e sistema linear, não são adequados a perímetros e assentamentos com lotes pequenos.

l) Fatores ambientais:

Os sistemas de irrigação por superfície são potencialmente mais propensos a causar problemas ambientais decorrentes da erosão e da contaminação das águas superficiais e subterrâneas, uma vez que a eficiência de aplicação da água é, comumente, baixa. A irrigação localizada pode afetar a qualidade das águas subterrâneas. Deve ser evitada a percolação excessiva da água, com a consequente lixiviação de agroquímicos. Nos sistemas de aspersão, os cuidados devem ser maiores nos locais com solos arenosos, com lençol freático raso e com topografia declivosa. Sistemas como o pivô central, o sistema linear e a aspersão convencional com cobertura total, quando cuidadosamente projetados, são mais fáceis de manejar corretamente para reduzir os problemas com escoamento superficial e lixiviação de agroquímicos.

No Quadro 2 são listados os fatores mais importantes e suas relações com os métodos e sistemas de irrigação, e é indicado também que tipo de influência cada um exerce na escolha de certo método e sistema. Somam-se os pontos obtidos para os distintos sistemas. Os

sistemas mais viáveis seriam aqueles para os quais forem obtidas maiores pontuações, devendo-se também observar a não ocorrência de restrições severas em relação a um determinado fator.

3.2.3. Pré-seleção dos métodos mais adequados

A pré-seleção é feita comparando as características e as potencialidades de cada método com os objetivos do empreendimento e com as condições do local onde será instalado. Segundo a metodologia proposta.

3.2.4. Dimensionamento dos sistemas e análise econômica

Uma vez dimensionado e listado todos os componentes dos sistemas mais promissores, uma análise econômica completa deve ser realizada, levando-se em consideração as restrições impostas pelos objetivos do empreendimento. Alguns parâmetros econômicos são inerentes ao local, com taxa de juros, custo de mão-de-obra, de energia, da água e da terra, e o retorno econômico de cada cultura irrigada; outros parâmetros são relacionados diretamente ao sistema de irrigação, entre os quais o custo e a vida útil dos componentes, a necessidade e o custo de mão-de-obra e energia, e o custo de manutenção.

Esse tipo de análise fica mais fácil com base em custos e receitas anuais. Numa primeira etapa, computam-se os custos anuais dos componentes do sistema, os custos de instalação, a operação e a manutenção. Numa segunda etapa, computam-se as receitas do empreendimento em geral. Se mais de um cultivo é feito no ano, devem-se computar as receitas de todos eles. A análise deve ser feita para o período de vida econômica do empreendimento. Calculam-se, então, os parâmetros para análise financeira, tais como o valor presente líquido (geralmente o mais adequado), a viabilidade dos projetos e as opções de projeto mais viáveis (Santos et al, 2010).

3.2.5. Seleção final

A seleção final deve ser realizada levando-se em consideração todos os fatores utilizados nas etapas descritas anteriormente. Devem ser identificados os sistemas que melhor atendam aos objetivos de desenvolvimento do projeto, sejam eles institucionais, sociais, econômicos, seja de adaptação às condições do local. Como na pré-seleção já foram

eliminados os sistemas que não atendiam às condições econômicas, a decisão final vai depender da análise dos sistemas que proporcionem melhor benefício líquido, ou que propiciem melhor retorno ao investimento (Albuquerque & Durães, 2008).

Obviamente, a escolha do sistema deve recair sobre aquele que melhor atende aos objetivos do empreendimento. Como antes desta fase, já ocorreu o pré-selecionamento das melhores opções de sistemas, ficando somente aqueles que atendem aos objetivos técnicos e econômicos, o sistema escolhido será, quase sempre, aquele que trará a maior lucratividade ou o melhor retorno econômico do investimento. Entretanto, poderão existir casos onde a obrigatoriedade da irrigação aliada à necessidade de se reduzir a ocorrência de impactos negativos possam levar uma solução que não atendam plenamente aos objetivos econômicos.

Após a realização da pré-seleção dos sistemas mais promissores e adaptáveis às condições existentes, faz-se uma comparação técnico-econômica dos sistemas pré-escolhidos, analisando-se o potencial de cumprimento dos objetivos definidos inicialmente. Finalizando todo o processo, é tomada a decisão final do sistema a ser utilizado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela metodologia proposta, os métodos de irrigação são classificados em grupos e os sistemas de irrigação, subgrupos. Os grupos que obtiveram melhores resultados foram Localizada e Aspersão. Já o grupo Superfície, obteve apenas notas negativas em seus subgrupos (Quadro 1).

Essas notas em valores negativos ocorreram pelo fato das características desses subgrupos não se adequarem às condições da área como um todo. A irrigação por superfície é o método que mais consome água, normalmente com baixa eficiência de aplicação, decorrente de grandes perdas durante a aplicação, além de não permitir a fertirrigação; Exige áreas sistematizadas e com declividades, em geral, de 0 a 2%. Apesar de ter sido o primeiro método usado pelo homem e ser um dos mais simples do mundo, exigindo pouca mão-de-obra, foi ineficiente nesta avaliação, com resultados insatisfatórios.

Os demais grupos apresentaram notas positivas, destacando-se a irrigação localizada por fitogotejamento, nota 3; e com nota 4, a irrigação por aspersão convencional e convencional fixo.

De acordo com essas notas positivas, podemos considerar que a irrigação localizada oferece uma maior economia de água e energia, porém de alto custo inicial. Onde o sistema por gotejamento apresenta uma vazão pequena de água (2 a 20L.h⁻¹) e o de microaspersão, uma vazão também pequena de água (20 a 150L.h⁻¹). Dentre outros pontos a serem observados, podemos afirmar que a irrigação localizada requer uma maior manutenção e proporciona um elevado potencial de entupimento; porém necessita de uma menor mão-de-obra. Uma observação a ser feita é que para cultivos em áreas com rocha ou declives acentuados, esse sistema apresenta excelente uniformidade de aplicação de água.

Através das maiores pontuações, a irrigação por aspersão é o método mais utilizado nos dias de hoje, podendo ser fixo ou móvel, com movimentação móvel ou mecânica e apresenta boa uniformidade. O sistema convencional é o ideal para pequenas ou médias áreas, com consumo médio de energia e muita mão-de-obra, podendo ser portátil, semiportátil, fixo, malha, canhão, mangueira; Já o sistema autopropelido apresenta grande consumo de energia e média eficiência; O sistema linear móvel requer um terreno plano e uniforme; O sistema pivô central é para áreas de tamanho médio e grande, exigindo médio consumo de energia e baixa necessidade de mão-de-obra.

Quadro 1. Resultado final das pontuações dos métodos de irrigação considerados (nota):

MÉTODO DE IRRIGAÇÃO	GRUPO	SUBGRUPO	NOTA	
	Superfície		Sulcos	-5
			Sulcos mecanizados	-11
			Faixas	-7
			Tabuleiros	-6
			Tabuleiros de inundação contínua	-5
	Localizada		Microaspersão	2
			Gotejamento	2
			Fitagotejadora	3
	Aspersão		Sistema linear	1
			Pivô central	1
			Autopropelido	1
			Ramal rolante	-1
			Convencional (canhão hidráulico)	4
			Convencional / fixo	4

Considerando os resultados apresentados e discutidos nesta avaliação, de acordo com as condições edafoclimáticas e físicas da área, pode-se concluir que:

Os sistemas de irrigação destacados na avaliação com as maiores notas, na realidade, não são os mais interessantes para a área avaliada, de acordo com os fatores influenciadores. Pois apresentam um consumo de energia elevado e média eficiência de aplicação de água; Sabe-se que a irrigação por gotejamento vem crescendo nos últimos anos, principalmente pela grande economia no consumo da água que a mesma proporciona, no entanto, por se tratar de um sistema fixo, os elevados custos de instalação tendem a inibir a utilização desta técnica; Diante da realidade, os sistemas de irrigação por aspersão convencional têm sido mais utilizados nas Usinas em Alagoas, seja pela viabilidade econômica ou condições físicas dos terrenos. Porém, verificam-se sistemas com maiores eficiência de aplicação em grupos agroindustriais, que dispõem de capital para investir em grandes estruturas de irrigação; O uso de metodologias de planejamento para escolha e a implantação de sistemas de irrigação sempre será importante para garantir o respeito ao uso racional dos recursos econômicos, sociais e naturais de cada propriedade. Porém, nem sempre o uso de uma metodologia para a escolha de um sistema de irrigação condiz com a viabilidade de uso em determinada área.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nesse trabalho, em função da metodologia utilizada, conclui-se que o sistema ramal rolante não pode ser utilizado na cultura da cana-de-açúcar. Através das maiores pontuações, a irrigação por aspersão é o método que obteve melhores resultados, destacando-se os sistemas convencional e convencional / fixo. Como Segunda opção, o sistema de irrigação localizada por gotejamento com fitas. Entretanto na área estudada o sistema implantado é do tipo liner móvel, necessitando maiores estudos de viabilidade econômica que confrontem os sistemas que poderiam ser implantados com o utilizado pela Usina.

6. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, P.E.P. de; DURÃES, F.O.M. **Uso e manejo de irrigação**. Brasília-DF: Embrapa, 2008. 528 p.
- BURT, C.M.; CLEMMENS, A.J.; BLIESNER, R.; MERRIAM, J.L.; HARDY, L. **Selection of irrigation methods for agriculture**. Reston: ASCE, 1999. 129 p.
- CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. **Estudo de otimização energética**. Belo Horizonte, 1993. 22 p.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Avaliação da safra agrícola de cana-de-açúcar 2009/2010**. Disponível em:
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/boletim_cana_setembro_2010.pdf
f. Acessado em 18 de setembro de 2010.
- DRUMOND, L.C.D.; FERNANDES, A.L.T. **Utilização da aspersão em malha na cafeicultura familiar**. UNIUBE - Uberaba-MG, 2004. 88 p.
- KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. Chapman & Hall. 652 p.
- KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro-RJ, 2004, 472p.
- LYRA, G. B. **Curso de capacitação de recursos humanos para agroenergia da biomassa da cana-de-açúcar**. Apresentação, 2009. CD-ROM.
- MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**. Brasília: Embrapa. 1998. 15 p.
- MAULE, F.R.; MAZZA, A.J.; JÚNIOR, M.B.G. **Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita**. Scientia Agrícola, v.58, n.2, p.295-301, abr/jun 2001.

- MEDEIROS, P.C.; GOMES, H.P. **Metodologia de otimização integrada para o dimensionamento de sistemas de irrigação por gotejamento**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 3, n.3, p. 331-335, Campina Grande-PB, 1999.
- MONTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3ª ed. Atual. – Viçosa-MG: Ed. UFV, 2009. 355 p.
- RAMOS, F.A.P. **Comportamento da cana-de-açúcar, cultivar sp 79-1011, submetida a diferentes épocas de plantio em duas condições edafoclimáticas**. Areia-PB: UFPB, 2006, 63p. (Tese de Mestrado)
- RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu-SP: UNESP, 1995. 101 p.
- SALASSIER, B. **Manual de Irrigação**. 2ª ed. Viçosa-MG: UFV, 1982. 463 p.
- SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool – tecnologia e perspectivas**. Viçosa-MG, 2010. 577 p.
- SILVA, A. B. da. **Implantação do gotejamento em larga escala na Usina Seresta, localizada em Teotônio Vilela – AL**. In : XXV Simpósio da Agroindústria da Cana-de-Açúcar no Estado de Alagoas. Maceió-AL. **Anais da STAB – Regional Leste (CD-ROM)**. 2008.
- SINDAÇÚCAR-AL - Sindicato da Indústria do Açúcar e do Álcool no Estado de Alagoas. **Boletim da safra 2007/2008 N°20**. Disponível em: http://www.sindicucar-al.com.br/www/bq2007_08Cana.asp. Acessado em 18 e outubro de 2010.
- SOARES, J.M.; VIEIRA, V.J.S.; JUNIOR, W.F.G.; FILHO, A.A.A. **Agrovale, uma experiência de 25 anos em irrigação da cana-de-açúcar na região do submédio São Francisco**. ITEM (60): 55-62. 2003.
- SOUZA, J.L.; MOURA FILHO, G.; LYRA, R.F.F.; TEODORO, I. SANTOS, E.A; SILVA, J.L.; SILVA, P.R.T.; CARDIM, A.H.; AMORIN, E.C. **Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do tabuleiro costeiro de Maceió, AL, período de**

1972-2001. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.12, n.1, p.131-141, 2003.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E.E.; CARDOSO, J.L. **Importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio**. ABIMAQ - CSEI, agrológica. Campinas-SP, 2002. 45 p.

TIBAU, A.O. **Técnicas modernas de irrigação: Aspersão, derramamento e gotejamento**. São Paulo-SP, ed. Nobel (Biblioteca rural), 1897. 223 p.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Metodologia básica e aplicações**. Editora: Imprensa Universitária, Viçosa-MG, 1991, 449 p.

VIEIRA, D.B. **As técnicas de irrigação**. 2 ed. São Paulo: Globo, 1995. (Coleção do Agricultor. Publicações Globo Rural), 263 p.

Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Clima. Climatologia. **Normais Climatológicas**. <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em 13 setembro 2010.

Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Ministério da Integração Nacional. Hidroclima. Rede Hidroclimatológica do nordeste. **Pluviometria**. Disponível em: <<http://www.sudene.gov.br>>. Acesso em: 14 setembro 2010.

Água superficial, supr. contínuo	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Supr. c/ vazão e turno ã confiáv.	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	0	-1
Alta carga de sedimento	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0
Alta carga de matéria orgânica	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0
Alta salinidade	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Águas servidas (esgoto semifilt.)	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	-1	-1	0
Vazão elevada	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Vazão pequena	0	0	-1	-1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
Clima														
Altas precipitações	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Precipitações limitadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Altas temperaturas, úmido	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Altas temperaturas, seco	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Muito vento	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Geadas	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Energia														
Escassa e pouco confiável	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	0	-1
Tarifa diferenciada na noite	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
Fatores sociais e institucionais														
Mão-de-obra pouco qualificada	0	-1	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0
Dific. obtenç. de peças de repos.	0	-1	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1
Dificuld. de assistência técnica	0	-1	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0
Pouca disponib. de mão-de-obra	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	-1	-1	1
Potencial para automação	-1	0	-1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1
Potencial para vandalismo	1	0	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0
Pequena hab. c/ manejo de irrig.	0	-1	0	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0
Geração de emprego	0	-1	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	1	-1
Fatores econômicos														
Baixa capacid. de investimento	0	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	1	-1
Elevada capacidade de investim.	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1
Acesso a crédito	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1
Preocupações com o meio ambiente e a saúde														
Adeq. da área e mobiliz. do solo	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Uso de agroquímicos	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Propensão à prolif. e mosquitos	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P. à ocorrên. de esquistossomose	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	0	0	0	0	0	0

(1) Adaptado de Burt et al. (1999), com modificações para a adequação à realidade brasileira.

(2) Entende-se por “sulco mecanizado” aqueles que empregam redução de vazão, vazão intermitente e tubo janelado com cabo.

(3) Refere-se a sistemas de gotejamento providos de laterais com paredes espessas.

(4) Refere-se a sistemas de gotejamento providos de laterais, com fitas ou tripas de paredes de pequena espessura.

(5) Exemplo: milho, sorgo, algodão, girassol.

(6) Exemplo: feijão, soja.

(7) Exemplo: trigo, cevada, aveia.

(8) Exemplo: parreira, goiabeira, maracujazeiro, entre outras.

(9) Exemplo: mangueira, citros, bananeira, entre outras.

LEGENDA:

sul: Sulcos

s.m.: Sulcos mecanizados

fai: Faixas

ta: Tabuleiros

t.i.c.: Tabuleiros de inundação continua

mi: Microaspersão

got: Gotejamento

fit: Fitagotejadora

s.l.: Sistema linear

p.c.: Pivô central

aut: Autopropelido

co: Convencional

r.v.: Ramal volante

c/f: Convencional / fixo

8. APÊNDICE

QUESTIONÁRIO: FATORES QUE AFETAM A SELEÇÃO DO MÉTODO DE IRRIGAÇÃO

1.0 - Qual o tipo de cultura?

- Culturas anuais, porte alto e médio
- Culturas anuais, porte baixo, espaçamento largo
- Culturas anuais, porte baixo, espaçamento pequeno
- Forrageiras de porte alto
- Pastagens e forrageiras de porte baixo
- Arroz
- Batata
- Olerícolas sensíveis ao molhamento da dossel
- Demais olerícolas
- Frutíferas de porte baixo
- Frutíferas de porte alto
- Café
- Cana-de-açúcar

2.0 - Rotação, Clima, Mecanização e tratos culturais:

- 2.1 - Existe rotação de cultura na área? Sim Não
- 2.2 - Modificação do microclima? Sim Não
- 2.3 - Mecanização e tratos culturais? Sim Não

3.0 - Condições da área:

- 3.1 - Áreas irregulares? Sim Não
- 3.2 - Obstruções na área? Sim Não
- 3.3 - Lençol freático alto? Sim Não
- 3.4 - Topografia ondulada, solos rasos? Sim Não
- 3.5 - Declividades elevadas? Sim Não
- 3.6 - Solos pedregosos, declividade elevada? Sim Não
- 3.7 - Solos arenosos, alta taxa de infiltração? Sim Não
- 3.8 - Solos textura média, taxa de inf. Moderada? Sim Não
- 3.9 - Solos pesados, baixa taxa de infiltração? Sim Não
- 3.10 - Solos altamente não-uniforme? Sim Não
- 3.11 - Solos c/ baixa capac. de retenção de água? Sim Não
- 3.12 - Solos salinos? Sim Não
- 3.13 - Solos com problemas de drenagem? Sim Não
- 3.14 - Solos muito erosíveis? Sim Não
- 3.15 - Solos c/ baixa capacidade de sustentação? Sim Não

4.0 - Suprimento de água:

- 4.1 - Água subterrânea? () Sim (**X**) Não
 4.2 - Água superficial, suprimento flexível? () Sim (**X**) Não
 4.3 - Água superficial, suprimento rígido? () Sim (**X**) Não
 4.4 - Água superficial, suprimento contínuo? (**X**) Sim () Não
 4.5 - Suprimento c/ vazão e turno não-confiáveis? () Sim (**X**) Não
 4.6 - Alta carga de sedimento? () Sim (**X**) Não
 4.7 - Alta carga de matéria orgânica? () Sim (**X**) Não
 4.8 - Alta salinidade? () Sim (**X**) Não
 4.9 - Águas servidas (esgoto semifiltrado)? () Sim (**X**) Não
 4.10- Vazão elevada? (**X**) Sim () Não
 4.11- Vazão pequena? () Sim (**X**) Não

5.0 - Clima:

- 5.1 - Altas precipitações? () Sim (**X**) Não
 5.2 - Precipitações limitadas? (**X**) Sim () Não
 5.3 - Altas temperaturas, úmido? (**X**) Sim () Não
 5.4 - Altas temperaturas, seco? () Sim (**X**) Não
 5.5 - Muito vento? () Sim (**X**) Não
 5.6 - Geada? () Sim (**X**) Não

6.0 – Energia:

- 6.1 - Escassa e pouco confiável? () Sim (**X**) Não
 6.2 - Tarifa diferenciada no período noturno? (**X**) Sim () Não

7.0 – Fatores sociais e institucionais:

- 7.1 – Mão de obra pouco qualificada? (**X**) Sim () Não
 7.2 - Dificuld. de obtenção de peças de reposição? () Sim (**X**) Não
 7.3 - Dificuldade de assistência técnica? () Sim (**X**) Não
 7.4 - Pouca disponibilidade de mão-de-obra? () Sim (**X**) Não
 7.5 - Potencial para automação? (**X**) Sim () Não
 7.6 - Potencial para vandalismo? (**X**) Sim () Não
 7.7 - Pequena habilidade c/ manejo de irrigação? (**X**) Sim () Não
 7.8 - Geração de emprego? (**X**) Sim () Não

8.0 – Fatores econômicos:

- 8.1 - Baixa capacidade de investimento? (**X**) Sim () Não
 8.2 - Elevada capacidade de investimento? () Sim (**X**) Não
 8.3 - Acesso a crédito? (**X**) Sim () Não

9.0 – Preocupações com o meio ambiente e a saúde:

- 9.1 - Adequação da área e mobilização do solo? (**X**) Sim () Não
 9.2 - Uso de agroquímicos? (**X**) Sim () Não
 9.3 - Propensão à proliferação de mosquitos? (**X**) Sim () Não
 9.4 - Propensão à ocorrência de esquistossomose? (**X**) Sim () Não