



**INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**  
**DIVISÃO DE AGRICULTURA**  
**CURSO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL**

Monografia científica

**Avaliação do Desempenho do Sistema de Rega por Aspersão Convencional  
para Cultura de Cana-de-açúcar no Sector de Timanguene II – Açucareira  
de Xinavane, Distrito de Magude**

Monografia apresentada e defendida como requisito para a obtenção do grau de Licenciatura em  
Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural

**Autor:** Henriques Jacinto Siteo

**Tutor:** Eng<sup>o</sup> Lateiro Salvador de Sousa, MEngSc.

**Co-Tutora:** Eng<sup>a</sup> Esperança Muchanga, MSc

Lionde, Setembro de 2017



## **INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**

Projectode Licenciatura sobre *Avaliação do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional para cultura de cana-de-açúcar no sector de Timanguene II – Açucareira de Xinavane*, apresentado ao Curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural na Divisão de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural.

**Tutor:** Engº Lateiro Salvador de Sousa, MEngSc.

Lionde, Setembro de 2017

# ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ii
LISTA DE ANEXOS .....	iii
LISTA DE ABREVIATURAS .....	iv
DECLARAÇÃO .....	v
DEDICATÓRIA .....	vi
AGRADECIMENTOS .....	vii
RESUMO .....	ix
I. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Problema e Justificação .....	2
1.2. Objectivos .....	3
1.2.1. Geral .....	3
1.2.2. Específicos .....	3
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1. Cultura da cana-de-açúcar .....	4
2.2. Factores condicionantes da produção de cana-de-açúcar .....	4
2.2.1. Factores climáticos .....	4
2.2.2. Disponibilidade hídrica .....	5
2.2.3. Factores edáficos .....	5
2.3. Irrigação em cana-de-açúcar .....	5
2.3.1. Necessidades hídricas da cultura da cana-de-açúcar .....	5
2.3.2. Características da cultura .....	6
2.4. Infiltração .....	6
2.4.1. Infiltrómetro de anéis concêntricos .....	7
2.4.2. Velocidade de Infiltração básica (VIB) .....	7
2.5. Sistemas de irrigação .....	8
2.5.1. Sistema de irrigação por aspersão .....	9
2.5.2. Adaptabilidade do sistema nas condições do Solos .....	9
2.5.3. Adaptabilidade do sistema nas condições topográficas .....	9
2.5.4. Adaptabilidade do sistema nas condições climáticas .....	9
2.5.5. Adaptabilidade do sistema nas culturas .....	10
2.5.6. Factores que afectam o desempenho de um aspersor .....	10
2.6. Avaliação do desempenho de sistema de Irrigação .....	11
2.6.1. Coeficientes de Uniformidade de rega .....	11
2.6.2. Uniformidade de Aplicação de Água .....	12

2.6.3. Determinação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) .....	12
2.6.4. Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD).....	13
2.6.5. Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) .....	13
2.6.6. Eficiência nos métodos de irrigação.....	14
2.6.8. Eficiência de irrigação por aspersão convencional .....	14
2.7. Balanço hídrico do solo e necessidades de rega.....	14
2.7.1. Disponibilidade de água no solo para irrigação .....	15
2.7.2. Irrigação Real Necessária (IRN) .....	16
2.7.3. Modelo CropWat para simulação do balanço hídrico para a determinação das necessidades de rega.....	17
III. METODOLOGIA .....	18
3.1. Caracterização da área de estudo .....	18
3.2. Determinação da velocidade de infiltração básica do campo.....	20
3.2.1. Determinação de velocidade infiltração básica do solo .....	22
3.3. Determinação da uniformidade de rega.....	23
3.3.1. Determinação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen .....	25
3.3.2. Determinação do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) .....	26
3.3.3. Determinação do Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE).....	26
3.3.4. Determinação da Lâmina de água aplicada.....	26
3.3.5. Determinação da Intensidade de aplicação.....	27
3.4. Determinação da eficiência do Sistema de rega.....	27
3.4.1. A eficiência de aplicação de água .....	27
3.4.2. Determinação das perdas de água na distribuição.....	28
3.5. Determinação de Irrigação Real Necessária (IRN) .....	28
IV. RESULTADOS.....	30
4.1. Velocidade de Infiltração Básica do solo .....	30
4.2. Textura do solo.....	32
4.3. Avaliação de desempenho dos sistemas de rega .....	33
4.4. Indicadores do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional .....	40
4.5. Necessidades hídricas nos blocos de estudo.....	43
4.5.1. Evapotranspiração de referência .....	43
4.5.2. Necessidade de Água de Rega (NAR) .....	44
V. DISCUSSÃO.....	46
VI. CONCLUSÕES .....	51
VII. RECOMENDAÇÕES.....	52
VIII. LISTA BIBLIOGRÁFICA.....	54

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios do coeficiente Kc para cultura de cana-de-açúcar .....	6
Tabela 2. Taxas de infiltração para os diferentes tipos de solo .....	6
Tabela 3. Valores médios da VIB com a textura do solo segundo Daker (1984) .....	7
Tabela 4. Classificação da velocidade de infiltração básica.....	8
Tabela 5. Relação entre velocidade do vento e espaçamento entre aspersores .....	11
Tabela 6. Classificação dos valores do desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional em função do CUC, CUD e CUE.....	13
Tabela 7. Eficiência de aplicação de sistemas de irrigação .....	14
Tabela 8. Valor de água disponível no solo, segundo a sua classe texturais.....	15
Tabela 9. Grupos de culturas de acordo com a perda de água no solo .....	16
Tabela 10. Fração (p) para grupos de culturas e evapotranspiração máxima diária (ETm) .....	16
Tabela 11. Materiais utilizados no campo para determinação da velocidade de infiltração básica de água no solo em todos campos avaliados .....	21
Tabela 12. Materiais utilizados no campo para determinação da uniformidade de rega em todos campos avaliados .....	23
Tabela 13. Apresentação das equações de Infiltração (I), Velocidade de Infiltração Instantânea (VI), Velocidade de Infiltração média (Vim), velocidade de infiltração básica (VIB) e constantes K e a. ....	30
Tabela 14. Classificação da textura do solo através da VIB do solo.....	32
Tabela 15. Valores da área, vento, pressão e caudal de operação dos aspersores, pressão da válvula e pressão da bomba .....	33
Tabela 16. Número de bombas a operarem, aspersores no campo, Altura do tripé, Comprimento da mangueira do hidrante, Sucção e altura da cultura em todos campos avaliados .....	36
Tabela 17. Indicadores do desempenho para vários campos avaliados.....	40
Tabela 18. Valores do CUC, CUD, CUE e respectivas classificações dos coeficientes, dos sistemas de irrigação por aspersão convencional avaliados .....	41
Tabela 19. Variáveis climáticas e evapotranspiração de referência para distrito de Magde ..	43
Tabela 20. Valores das dotações líquidas para os 3 blocos de estudo.....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de localização da zona de estudo, distrito de Magude. ....	20
<b>Figura 2.</b> Medição da infiltração com infiltrómetro de anel duplo. Instalação do anel (A), introdução de água (B) e leitura da carga hidráulica (C).....	22
<b>Figura 3.</b> Processos de medição das pressões. Medição da pressão nos aspersores (A e B) e medição da pressão nos hidrantes (C) .....	24
<b>Figura 4.</b> Processos de medição de caudais. Medição dos caudais nos aspersores (A e B) e medição do caudal nos hidrantes (C).....	24
<b>Figura 5.</b> Processo de colecta de água precipitada pelos aspersores. Medição dos espaçamentos (A), montagem dos pluviómetros (B) e leitura da lâmina aplicada (C). ....	25
<b>Figura 6.</b> Representação gráfica da infiltração cumulativa do solo no TME .....	31
<b>Figura 7.</b> Representação gráfica da infiltração cumulativa do solo no TMSG .....	31
<b>Figura 8.</b> Representação gráfica da infiltração cumulativa do solo no TME .....	32
<b>Figura 9.</b> Velocidades do vento nos campos de estudo .....	34
<b>Figura 10.</b> Pressões do serviço dos aspersores nos campos de estudo .....	35
<b>Figura 11.</b> Caudais dos aspersores nos campos de estudo.....	35
<b>Figura 12.</b> Variação de lâminas de água aplicadas em cada pluviómetro no bloco TME.....	37
<b>Figura 13.</b> Variação de lâminas de água aplicadas em cada pluviómetro no bloco TMSG ...	38
<b>Figura 14.</b> Variação de lâminas de água aplicadas em cada pluviómetro no bloco TMF.....	39
<b>Figura 15.</b> Coeficientes de uniformidades nos campos de estudo.....	41
<b>Figura 16.</b> Eficiências de aplicação de água nos campos de estudo.....	42
<b>Figura 17.</b> Valores de velocidade de infiltração básica e intensidade de aplicação em todos campos de estudo.....	42
<b>Figura 18.</b> Valores de NAR e lâminas aplicadas em todos campos de estudo.....	45
<b>Figura 19.</b> Valores de IRN e dotações aplicadas em todos campos de estudo.....	45

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXOS I. Dados de testes de infiltração dos solos nos blocos TME, TMSG e TMF .....	57
ANEXOS II. Gráficos de infiltração logarítmica dos blocos TME, TMSG e TMF.....	69
ANEXOS III. Dados de lâminas aplicadas pelos aspersores em cada pluviômetro nos três blocos de estudo .....	70
ANEXOS IV. Dados de pressão, tipo do bocal e diâmetro do bocal de cada aspersor em todos campos nos três blocos de estudo .....	75
ANEXOS V. Dados obtidos no programa Cropwat para determinação das necessidades de água de rega (NAR) para os três blocos de estudo.....	78
ANEXOS VI. Formulário de avaliação dos sistemas de irrigação por aspersão usando durante o estudo.....	81
ANEXOS VII. Mapa de localização do sector Timanguene e dos campos de estudo em três blocos.....	85

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>Abreviatura</b>	<b>Designação</b>
ADX	- Açucareira de Xinavane
CUC	- Coeficiente de Uniformidade de Christiansen
CUD	- Coeficiente de uniformidade de distribuição
<i>CUE</i>	- Coeficiente de uniformidade estatístico
Ea	- Eficiência de aplicação;
Eq	- Equação
EHAAR	- Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural
ISPG	- Instituto Superior Politécnico de Gaza
RAS	- República da África do Sul;
TME	- Timanguene “E”;
TMF	- Timanguene “F”;
TMSG	- Timanguene “SG”.





## **INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**

### **DECLARAÇÃO**

Declaro por minha honra que este trabalho de culminação do curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu tutor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Lionde, Setembro de 2017

Henriques Jacinto Siteo

---

## **DEDICATÓRIA**

*Em primeiro lugar, dedico este trabalho à Deus ...*

*Dedico também aos meus pais Jacinto Siteo e Flora Alfredo Chavango (em memória), que sempre me incentivaram, lutaram e fizeram muitos sacrifícios para que eu pudesse estudar, me concedendo amor, carinho e atenção durante a minha vida.*

*Dedico especialmente em memória à minha querida mãe Flóra Chavango, que me ensinou a nunca desistir e sempre fazer o melhor, com organização e total honestidade*

*Aos meus irmãos Raimundo J. Siteo (em memória) e Sebastião J. Siteo, Artimiza J. Siteo, Virgínia J. Siteo, Márcia da Graça J. Siteo, Xola Katisa e Anastácia J. Siteo*

*A todos os meus primos, sem excluir ninguém*

*A todos os meus sobrinhos, especialmente Herminio, Stélio, Eliana, Flórcia (mãe), Aílson Bryan, Mélvín, Mélody, Weidy, Hallen, Yan, Denóvan...*

*Que este trabalho sirva de inspiração para meus irmãos, primos e sobrinhos, para que nunca desistam de correr atrás dos seus sonhos!*

***Dedico e Ofereço***

## AGRADECIMENTOS

À Deus, o Todo-Poderoso pelo Seu amor, zelo e cuidado comigo. Por nunca me abandonar e por todas as bênçãos que ele vem derramado na minha vida.

Ao meu tutor, Eng.º Lateiro de Sousa, pela disponibilidade, esforço, interesse, acompanhamento técnico, sugestões para realização do trabalho, motivação transmitida aquando da escolha do tema, simpatia e disponibilidade com que sempre me recebeu.

À Eng<sup>a</sup> Esperança Muchanga, minha co-tutora pelas orientações técnicas dadas durante a recolha de dados no campo, dedicação, esforço e empenho na realização desse trabalho.

Agradeço também à toda minha família pelo incentivo proporcionado ao longo dessa formação. Especialmente aos meus Pais Jacinto Siteo e Flora Alfredo Chavango (*em memória*) pelo amor, educação, acima de tudo pelo apoio incondicional e por acreditarem em mim tudo que tem feito por mim.

Um agradecimento especial vai à minha avô Teresa Siteo e à minha madrinha Eulália Atibe, pela lealdade e afecto para comigo, que de um modo contribuíram para o meu crescimento moral, social e intelectual.

À todos os meus irmãos por entenderem minhas ausências durante os anos da formação, especialmente a Márcia da Graça, pelo carinho, incentivo, orações, companheirismo e que sempre esteve disponível para me ajudar quando fosse ou não preciso.

Agradeço ao Instituto Superior Politécnico de Gaza, pelo ambiente criativo e amigável que proporciona, pela oportunidade de fazer o curso, a todos os *docentes* por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem-me ensinado, mas por terem-me feito aprender, o meu muito agradecimento.

À Açucareira de Xinavane, Departamento de Agricultura, na pessoa dos Eng.º Rodrigues Nhantse e Abel Ubisse pela concepção de oportunidade para a realização do estudo na empresa. Agradecer também à todo pessoal da extensão de irrigação da ADX, sem excluir ninguém, especialmente ao técnico Mussa Cassimo pelo apoio no trabalho de campo, na colaboração de informações relevantes ao estudo e pela amizade criada.

À todos os colegas, especialmente à turma de EHAAR 2013, sem excluir ninguém. A cada colega, particularmente, vai o meu “obrigado” pela amizade, compreensão e companheirismo no decorrer do curso. Ao Pedro Filipe Mafuiane pela ajuda na recolha de dados do campo.

Aos meus amigos, colegas e companheiros de trincheira, quero falar de Márcio Amiro, Farai Botowe, Matine Bernardo, Xavier Tindia, Muhamade José, Salvador Matuassa, Carlos Beca, Armando Cipriano, Elton Timane, Jaime Maunde, Julio Langa, Cornélio Matavel, Dádiva Cossa, Mariano de Sousa, Fernando Rafael, Nivaldo Machava, Prestrelo Mabecua, Domingos Leite, Abilio Naftal, Heraldes Pedro, Juvêncio Tomo, José Novele, José João, Galísio Bendane, Aniano Zita, Arcénio Zeferino, Flatogénio Manhique, Valentino Marrengula, Felizardo Mucavel, Isabel, Sarifa, Bernardo Alfredo, pelo companheirismo, apoio e suporte durante a caminhada.

E por último, e não menos importante a todos aqueles que de algum modo contribuíram para a elaboração deste trabalho.

O meu “Muito obrigado”

## RESUMO

A avaliação dos sistemas de irrigação fornece informações acerca das condições nas quais a irrigação está sendo conduzida, contribuindo deste modo na minimização das perdas que ocorrem durante e após a aplicação de água pelo sistema. Assim, objetivou-se, com este trabalho avaliar o desempenho do sistema de rega por aspersão convencional na cultura de cana-de-açúcar. O estudo foi realizado nos campos de produção da Açucareira de Xinavane, em Timanguene II, nos blocos TME, TMSG e TMF. A metodologia do trabalho consistiu na recolha de dados do campo sobre: infiltração de água no solo, espaçamento entre aspersores e entre as linhas laterais, altura do tripé, pressão da bomba, pressão da válvula, pressões de serviço dos aspersores, pressões dos hidrantes, caudais dos aspersores, caudais dos hidrantes e as lâminas precipitadas pelo aspersor. As necessidades de rega foram calculadas com base no balanço hídrico do solo, simulado utilizando o programa CropWat (v.8). Os coeficientes de uniformidade e eficiência foram determinadas na planilha excel, com base as equações específicas. Os resultados mostram que o desempenho dos sistemas de rega é fraco, na maioria dos campos estudados, baseando-se na classificação proposta por Mantovani 2001. O valor médio do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) foi de 66.9%, do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi de 53,8 % e do Coeficiente de Uniformidade Estatística (CUE) foi de 60,6%. Os sistemas avaliados apresentaram boas eficiências de aplicação, com um valor médio de 80.8% e as lâminas de água aplicadas apresentaram uma variação em todos campos comparados com as necessidades de rega. A intensidade de aplicação de água em todos os campos foi menor que a VIB do solo, indicando o menor risco de ocorrência de escoamento superficial no campo durante as actividades de rega.

**Palavras-chaves:** Avaliação, desempenho, aspersão, uniformidade e eficiência.

## SUMMARY

The assessment of irrigation systems provides information about the conditions under which irrigation is being conducted, thus contributing to the minimization of losses occurring during and after the application of water by the system. The objective of this study was to evaluate the performance of the conventional sprinkler irrigation system in the sugar cane crop. The study was carried out in the fields of the Xinavane sugarcane, in Timanguene II, in the TME, TMSG and TMF blocks. The work methodology consisted in the collection of field data on: water infiltration in the soil, spacing between sprinklers and between lateral lines, tripod height, pump pressure, valve pressure, sprinkler service pressures, hydrant pressures, sprinkler flows, hydrant flow rates, and precipitated need by the sprinkler. Irrigation demands were calculated based on soil water balance and simulated using the CropWat program (v.8). The coefficients of uniformity and efficiency were determined in the excel spreadsheet, based on the specific equations. The results show that the performance of irrigation systems is weak in most of the studied fields, based on the classification proposed by Mantovani 2001. The mean value of the Christiansen uniformity coefficient (CUC) was 66.9%, the coefficient of uniformity (CU) was 53.8% and the Statistical Uniformity Coefficient (SUC) was 60.6%. The evaluated systems presented good application efficiencies, with an average value of 80.8% and the applied water levels presented a variation in all fields compared to irrigation needs. The intensity of water application in all the fields was lower than the VIB of the soil, indicating the lower risk of occurrence of surface runoff in the field during the irrigation activities.

**Keywords:** Evaluation, performance, sprinkling, uniformity and efficiency

## I. INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada tem sido uma importante estratégia para optimização da produção de alimentos, promovendo desenvolvimento sustentável no campo, com geração de emprego e renda (Lunaet *al.*, 2013). Porém, a disponibilidade de água tem-se tornado cada vez mais limitante, devendo ser utilizada de maneira criteriosa e precisa, não só visando a optimização da produtividade e da qualidade final do produto, mas também o uso adequado dos recursos hídricos (Bernardoet *al.*, 2006).

A inadequada uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação proporciona excesso da mesma em parte da área cultivada e défice em outra, reduzindo a disponibilidade de água à cultura. Contudo, torna-se imprescindível a adopção de técnicas com vista a melhorar o desempenho de sistemas de irrigação que estão ligados a diversos parâmetros definidos em determinações de campo, tais como: caudal; tempo de irrigação; uniformidade de distribuição; eficiências de aplicação de água; nos quais são considerados fundamentais para tomadas de decisões em relação ao diagnóstico do sistema (Bernardo, 1995).

A avaliação do desempenho de um sistema de irrigação é etapa fundamental antes que qualquer estratégia de manejo de irrigação seja implementada, porque é com base nesses resultados que será possível avaliar e adequar o equipamento e sua utilização, em relação às necessidades de água de rega dos cultivos utilizados (Bernardoet *al.*, 2006). No entanto, a avaliação do desempenho de sistemas de irrigação em áreas cultivadas é uma prática que os agricultores familiares têm dado pouca importância.

As disponibilidades de água para rega são cada vez mais limitadas, pelo que, para a maioria dos casos, a estratégia a seguir será na direcção da rega deficitária. Esta exige, da parte do gestor da rega um elevado conhecimento da tecnologia da cultura para conseguir a máxima rentabilidade da água aplicada. Em virtude da baixa disponibilidade dos recursos hídricos, sobretudo em regiões áridas onde a água é o factor limitante, o objetivo de irrigação deve ser a obtenção de máxima produção por unidade de água aplicada (Bernardo,1995).

A melhoria da uniformidade de um sistema de irrigação é uma das decisões mais importantes para o manejo adequado da água aplicada, pois a água em excesso, além da sua perda, pode arrastar nutrientes para zonas do solo não exploráveis pelas raízes (Bernardoet *al.*, 2006).

No caso de aplicação em défice podem ocorrer prejuízos na produção, principalmente nos períodos críticos (Silvaet *al.*, 2008).

Neste trabalho objectivou-se com base em metodologias recentes avaliar o desempenho do sistema de rega por aspersão convencional para produção da cultura de cana-de-açúcar em Timanguene – Açucareira de Xinavane, província de Maputo e a identificação de alternativas que contribuam para o melhoramento do desempenho deste sistema.

O trabalho conta com a seguinte estruturação: problema de estudo e sua justificação; objectivos; revisão bibliográfica; metodologia, onde foram enumerados os materiais e explicados os métodos de investigação que foram aplicados no estudo; resultados, foram relatados todos os resultados da análise; discussão; conclusão; recomendações; lista bibliográfica; apêndices e anexos.

### **1.1. Problema e Justificação**

A uniformidade e a eficiência da aplicação de água pelos aspersores dependem diretamente da pressão da água a que o mesmo será submetido e do tamanho dos seus bocais. A pressão de funcionamento do sistema de irrigação deve ser compatível com a pressão de trabalho do aspersor. Um dos maiores problemas enfrentados em sistemas de irrigação por aspersão é a acção do vento, que compromete a distribuição da água pelo aspersor (Biscaro, 2009).

A produtividade média de cana-de-açúcar na AdX, sobre tudo na região de Timanguene tem registado decréscimo significativo nos últimos anos. Sendo a água um dos principais factores que influencia no rendimento da cultura, há necessidade de ter uma informação detelhada sobre o actual estado de funcionamento do sistema de rega usado, no que diz respeito ao desempenho do mesmo para garantir aplicação de água ideal e uniforme.

O sistema de irrigação por aspersão é muito afectado pela acção do vento, há necessidade de se fazer um estudo para aqueção do sistema nas condições climáticas actuais de Timangene.

Apesar de várias actividades de avaliação dos sistemas de irrigação que a Empresa ADX tem feito, poucos estudos foram feitos com ênfase na avaliação sobre a situação actual do desempenho de sistemas de irrigação na região de Timanguene – Magude. Contudo a falta de estudo em forma de uma investigação científica tem limitado o rendimento da cultura de cana-de-açúcar, visto que naquela região observa-se o uso de bocais com aplicações diferentes, o que afecta de uma forma directa na uniformidade e na eficiência de aplicação.

Sendo assim é importante que se façam avaliações periódicas para inverter este cenário. O conhecimento do desempenho dos sistemas de rega possibilitará a elaboração de recomendações práticas de manejo, simples, acessíveis e de baixo custo, para além de dotar os sectores irrigados com informação.

## **1.2. Objectivos**

### **1.2.1. Geral**

- Avaliar o desempenho do sistema de rega por aspersão convencional para cultura de cana-de-açúcar no sector de Timanguene II– Açucareira de Xinavane.

### **1.2.2. Específicos**

- Determinar a velocidade infiltração básica do solo;
- Determinar a uniformidade de aplicação de água e a eficiência do sistema de rega;
- Propor as possíveis soluções para melhorar o desempenho do sistema de irrigação.



## **II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este capítulo apresenta a base literária usada como suporte na elaboração da metodologia do presente trabalho, concernente a avaliação do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional para cultura de cana-de-açúcar em Timanguene – Açucareira de Xinavane. Para estes efeitos, abaixo estão descritos os suportes encontrados em algumas literaturas. desta forma segue-se:

### **2.1. Cultura da cana-de-açúcar**

A cana-de-açúcar é pertencente à família botânica da *Poaceae*. Actualmente as variedades comerciais de cana-de-açúcar são híbridos complexos (spp.) derivados de espécies do género *Saccharum*, nativas do Sudeste Asiático (Steduto et al., 2012, citados por Júnior, 2003). Nesse género ocorrem as espécies: *S. officinarum* L., *S. spontaneum* L., *S. sinensis* Roxb. e *S. barben* Jew, *S. robustum* Jew. e *S. edule* Hask (Almeida et al., 1995, citados por Júnior, 2003)

A cana-de-açúcar é uma gramínea tropical do tipo C4 que se caracteriza por elevada taxa fotossintética e alta produtividade biológica, sendo uma das culturas mais eficientes e produtivas (Irvine, 1980, citado por Gouvêa, 2008).

### **2.2. Factores condicionantes da produção de cana-de-açúcar**

Segundo Gouvêa, (2008), a cana-de-açúcar é uma planta que se adapta bem a uma ampla variação de condições climáticas. Seu potencial produtivo, porém, também é afetado por outros fatores além dos climáticos, como os fatores da planta, especialmente suas variedades, e os fatores do solo. Os principais fatores condicionantes da produção da cultura são: fatores climáticos (radiação solar, temperatura, disponibilidade hídrica, fotoperíodo, concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera), fatores edáficos e fatores da cultura.

#### **2.2.1. Factores climáticos**

A radiação solar, a temperatura, a disponibilidade hídrica, o fotoperíodo e a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera são fatores climáticos determinantes para o desenvolvimento da cana-de-açúcar. O rendimento máximo de uma cultura depende da energia disponível no ambiente, associada a outras variáveis climáticas. A produção de biomassa começa com o processo fotossintético, no qual o CO<sub>2</sub> atmosférico é assimilado e reduzido a carboidrato, com a participação da água e da radiação solar (Pereira et al., 2002, citados por Gouvêa, (2008).

### **2.2.2. Disponibilidade hídrica**

Segundo Gouvêa, (2008), a disponibilidade de água para a cana-de-açúcar é o principal fator climático causador de variabilidade da produtividade. Entretanto, devido às variações locais de clima e de variedades, é difícil estabelecer uma relação entre produção e consumo de água pela cana-de-açúcar. Alfonsi et al. (1987) citados por Gouvêa, (2008), afirmam que o consumo de água pela cana-de-açúcar varia com o estágio de crescimento e depende da variedade da cultura. A perda de água pela cultura durante seu ciclo vegetativo é função da área foliar, estágio fenológico e densidade do sistema radicular.

### **2.2.3. Factores edáficos**

A disponibilidade de água no solo é regida pela distribuição da chuva e pelo potencial de armazenamento de água no solo, o qual é condicionado por sua capacidade de retenção e drenagem, e governa a produção vegetal. Sua falta ou excesso afetam de maneira decisiva o desenvolvimento das plantas, pois alteram a absorção dos nutrientes e da própria água (Humbert, 1968; Reichardt, 1996, citados por Gouvêa, (2008).

## **2.3. Irrigação em cana-de-açúcar**

A irrigação é uma importante prática para o aumento da produtividade da cana-de-açúcar. Isso se deve ao facto de que, apesar da elevada gama de tecnologia aplicada pelos produtores de cana-de-açúcar, como as doses ideais de adubos recomendadas pelas análises de solo, controle de doenças e ervas daninhas, controle da compactação do solo com o uso de pneus de alta flutuação, variedades melhoradas, etc., a produtividade da cana-de-açúcar se manteve constante nos últimos dezesseis anos no mundo (Dalri, 2006).

### **2.3.1. Necessidades hídricas da cultura da cana-de-açúcar**

A água é fator fundamental na produção vegetal, pois sua falta ou excesso afeta de maneira decisiva o crescimento e desenvolvimento das plantas. Consequentemente, seu manejo racional é imperativo para a maximização da produção agrícola. Durante seu desenvolvimento, qualquer cultura consome um grande volume de água, sendo que cerca de 98% desse volume passa pela planta e se perde para a atmosfera pelo processo de transpiração (Reichardt, 1978, citado por Gouvêa, 2008). Thompson (1967) citado por Gouvêa, (2008), verificou uma variação no consumo de água de 5,5 a 6,0 mm dia<sup>-1</sup> nos meses de janeiro e fevereiro e de 1,8 a 2,3 mm dia<sup>-1</sup> nos meses de junho e julho, na África do Sul.

### 2.3.2. Características da cultura

Segundo os dados da FAO (1998), indicam que a cultura de cana-de-açúcar uma profundidade radicular que varia de 1,2 a 2,0 metros.

**Tabela 1.** Valores médios do coeficiente Kc para cultura de cana-de-açúcar

Cultura	Estádios de desenvolvimento da cultura					Período total
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	
Cana-de-açúcar	0,4 – 0,5	0,7 – 1,0	1,0 – 1,3	1,75 – 0,8	0,5 – 0,60	0,85 – 1,05

**Fonte:** Mello e Silva (2009)

### 2.4. Infiltração

Segundo Frizzone (1993), a infiltração é um processo complexo, dependente das propriedades físicas do solo, do seu conteúdo inicial de água e das variações de permeabilidade devido ao movimento da água na superfície e ar retirado nos poros.

Segundo FAO SAFR (2002), a infiltração é influenciada pela textura do solo. Solos pesados têm baixas taxas de infiltração em virtude dos tamanhos de poros pequenos, enquanto os solos leves têm alta taxa de infiltração por causa de tamanhos de poros que são maiores. Algumas taxas de infiltração típicas para diferentes tipos de solos estão apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Taxas de infiltração para os diferentes tipos de solo

Tipo de Solo	Velocidade de Infiltração básica (mm/h)
Argiloso	1 - 7
Franco-Argiloso	7 - 15
Franco-siltoso	15 - 25
Franco-Arenoso	25 - 40
Arenoso	>40

**Fonte:**FAO SAFR (2001)

Para Daker (1984), em terrenos planos pode-se associar um valor médio da VIB com a textura do solo, apresentados na tabela 3.

**Tabela 3.** Valores médios da VIB com a textura do solo segundo Daker (1984)

<b>Tipo de Solo</b>	<b>Velocidade de infiltração básica (mm/h)</b>
Solos de textura pesada	5 a 12
Solos de textura média	12 a 20
Solos arenosos leves	20 a 40

**Fonte:** Mello e Silva (2009)

#### **2.4.1. Infiltrómetro de anéis concêntricos**

Os infiltrómetros são aparelhos usados para medir a infiltração de água no solo. Conforme Barbosa (2013) citado por Fuser, (2013), de forma geral, os tipos de infiltrómetros são os infiltrómetros de anéis, com aplicação de água por inundação, e os simuladores de chuva em que a água é aplicada por aspersão.

#### **2.4.2. Velocidade de Infiltração básica (VIB)**

Segundo Walker e Skogerboe (1987), velocidade de infiltração é a quantidade de água que atravessa a unidade de área da superfície do solo por unidade de tempo.

Segundo NETTO, et al (1998) a velocidade de infiltração básica (VIB) do solo é um parâmetro muito importante para irrigação, pois a velocidade de penetração de água no solo e, por conseguinte a taxa de aplicação de água de irrigação não deve superá-la para não causar escoamento superficial.

#### **2.4.3. Cálculo de velocidade infiltração básica**

Segundo Walker e Skogerboe (1987) a velocidade de infiltração básica do solo é dada pela seguinte equação:

$$VIB = 60 * K * a * \left[ \frac{-0,01}{60 * K * a * (a-1)} \right]^{\left( \frac{a-1}{a-2} \right)} \quad (2.1)$$

**Onde:**

VIB- velocidade infiltração básica (cm/h);

k- constante que depende do solo;

a -Constante dependente do solo, variando de (0 a 1);

log I- logaritmo de Infiltração;

log T- logaritmo de tempo.

#### 2.4.4. Calculo dos coeficientes da equação de infiltração pelo método analítico

Os coeficientes da equação da infiltração são dadas pelas equações 2.1 e 2.2 abaixo apresentados.

$$A = \frac{\sum X \cdot \sum XY - \sum X^2 \cdot \sum Y}{(\sum X)^2 - m \cdot \sum X^2} \quad (2.1.1)$$

$$B = \frac{\sum X \cdot \sum Y - m \cdot \sum XY}{(\sum X)^2 - m \cdot \sum X^2} \quad (2.1.2)$$

Onde:

m = é o número de pares de dados de infiltração acumulado (I) e tempo de infiltração (T);

X = log T; e

Y = log I.

Obtidos os valores de A e B, em seguida determina-se **k** e **a**, onde o valor de **k** é encontrado aplicando o **antilogA**, e **a** é o próprio valor de B.

A = log k, k = antilogA, então, k = 10<sup>A</sup>, e B = a

Segundo Bernardo (2002), O solo pode ser classificado de acordo com a velocidade de infiltração básica conforme a tabela 4.

**Tabela 4.** Classificação da velocidade de infiltração básica

Velocidade da infiltração básica	Taxa de infiltração em cm/h
VIB muito alta	> 3,0
VIB alta	1,5-3,0
VIB media	0,5-1,5
VIB baixa	< 0,5

**Fonte:** Bernardo (2002).

#### 2.5. Sistemas de irrigação

Segundo Mello e Silva (2009), sistemas de irrigação é um conjunto de técnicas que visa distribuir água às plantas cultivadas em quantidades adequadas para promover um desenvolvimento vegetal adequado, com um mínimo de consumo de água. O sistema de irrigação é composto essencialmente pelos seguintes subsistemas: Subsistema de captação, Subsistema de condução e Subsistema de aplicação.

### **2.5.1. Sistema de irrigação por aspersão**

Mello e Silva (2009), afirmam que neste método de irrigação a água é aplicada ao solo sob a forma de uma chuva mais ou menos intensa e uniforme sobre a superfície, com o objetivo de que a infiltração se processe no ponto o qual ela alcança. O processo de aplicação de água por um aspersor consiste em um jato de água emitido a grande velocidade que se dispersa no ar em um conjunto de gotas, distribuindo-se sobre a superfície do terreno, com o objetivo de se conseguir uma distribuição uniforme entre vários aspersores.

### **2.5.2. Adaptabilidade do sistema nas condições do Solos**

Segunde Mello e Silva (2009), este sistema se adaptada a qualquer tipo de solo no que diz respeito à textura e estrutura. Solos com textura que possibilita alta velocidade de infiltração, permite a utilização de aspersores com maior intensidade de aplicação, permitindo menor tempo de irrigação por posição e, conseqüentemente, maior número de irrigações diárias para uma mesma lâmina de aplicação.

### **2.5.3. Adaptabilidade do sistema nas condições topográficas**

Com relação à declividade, a irrigação por aspersão é comumente utilizada em terrenos planos, de encosta, terraços e platôs mais elevados. Terrenos com declividades muito acentuadas dificultam a adoção do sistema, uma vez que, nesses casos, é quase impossível que as linhas laterais tenham espaçamentos constantes entre si, situação essa que é desejável para que o sistema apresente uma uniformidade de distribuição dentro de limites aceitáveis (Mello e Silva, 2009).

### **2.5.4. Adaptabilidade do sistema nas condições climáticas**

Como o sistema por aspersão é caracterizado pela aplicação de água simulando uma chuva, o vento, a umidade relativa do ar e a temperatura são os parâmetros climáticos que exercem grande influência na distribuição de água. Ventos com velocidades elevadas provocam má distribuição da água na superfície do solo, provocada pelo desvio do jacto de água, ou seja, a água lançada por um certo aspersor não é aplicada efetivamente na área de domínio desse aspersor conforme as características operacionais testadas pelo fabricante do equipamento. Com aos outros dois parâmetros climáticos, baixa umidade relativa e altas temperaturas do ar provocam considerável evaporação durante a operação do sistema. Regiões com ventos fortes, baixas umidades relativas e altas temperaturas, não são indicadas para utilização dos sistemas por aspersão, (Mello e Silva, 2009).

### **2.5.5. Adaptabilidade do sistema nas culturas**

Segundo Mello e Silva (2009), o sistema por aspersão adapta-se a maioria das culturas, exceto para algumas, como, por exemplo, o tomate, uma vez que, devido a característica da aplicação da água, pode favorecer o desenvolvimento de doenças fúngicas.

### **2.5.6. Factores que afectam o desempenho de um aspersor**

Segundo Mello e Silva (2009), os factores que afectam no desempenho de aspersores usados no sistema de rega por aspersão convencional são:

- a) **Bocais dos aspersores** – Os aspersores agrícolas mais comuns possuem dois bocais, sendo um deles para longo alcance e o outro para se proceder a distribuição da água próximo do aspersor, funcionando como espalhador do jato. Nos aspersores de apenas um bocal, este tem dupla função, ou seja, emite água ao longo alcance e a espalha, intermitentemente.
  
- b) **Pressão de serviço dos aspersores** - A pressão de serviço do aspersor exerce grande influência na sua operação, uma vez que a vazão emitida é dependente do diâmetro dos bocais e da pressão de serviço. Quando da seleção do aspersor que melhor se adapta ao projecto em desenvolvimento, por meio do catálogo do fabricante do equipamento, a pressão de serviço vem especificada dentro de limites recomendados. Pressões muito altas pulverizam o jato de água em demasia proporcionando maiores consumos por evaporação e deriva e, pressões muito baixas, não são suficientes para fracionar o jato de modo a proceder à aspersão de maneira adequada.
  
- c) **Superposição** - Considerando que a aplicação de água por um aspersor se processa de modo circular, se projectarmos os aspersores com espaçamento tal que o alcance de um jato apenas interface o outro, haverá, por consequência, área entre os aspersores que não receberão água. Dessa forma, é imprescindível que haja superposição dos jatos de água para que nenhuma área fique sem água.
  
- d) **Ventos** - Os ventos influem diretamente na uniformidade de aplicação uma vez que provocam a mudança na direção do jato de água. Quanto maior a velocidade do vento e menor o diâmetro de gotas maior a interferência e menor a uniformidade de aplicação. A recomendação apropriada quanto à interferência de ventos está apresentada na tabela 5.

**Tabela 5.** Relação entre velocidade do vento e espaçamento entre aspersores

Velocidade do vento ( $m s^{-1}$ )	Espaçamento entre aspersores (m)
Sem vento	65 a 70% do Dc do aspersor
0 – 2	55 a 65% do Dc do aspersor
2 – 4	45 a 55% do Dc do aspersor
> 4	30 a 45% do Dc do aspersor

**Fonte:** Mello e Silva (2009).

Segundo Mello e Silva (2009), os principais procedimentos utilizados para melhorar consideravelmente a uniformidade de distribuição na presença de ventos são:

- Diminuir o espaçamento entre aspersores;
- Usar aspersores de baixa pressão;
- As LL devem se localizar perpendiculares à direção predominante dos ventos; e implantar barreiras quebra-ventos.

## 2.6. Avaliação do desempenho de sistema de Irrigação

A avaliação do desempenho de sistemas de irrigação está ligada a diversos parâmetros definidos em determinações de campo, tais como: caudal, tempo de irrigação e uniformidade de aplicação de água, nos quais são considerados fundamentais para tomadas de decisões em relação ao diagnóstico do sistema. No entanto, a avaliação de sistemas de irrigação é uma prática que os regantes não têm dado importância, porque mesmo tendo acesso à tecnologia, muitos não a utilizam de forma adequada, por falta de conhecimento e até mesmo por falta de orientação técnica (Silva; Silva, 2005).

### 2.6.1. Coeficientes de Uniformidade de rega

Segundo Bernardo; Soares; Mantovani (2006) O Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), proposto por Christiansen (1942), o Coeficiente de Uniformidade Estática (Us), estabelecido por Wilcox e Swailes (1947) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) elaborado por Criddle et al. (1956), são os três coeficientes mais utilizados para determinação da uniformidade de aplicação e distribuição de água de um sistema de irrigação por aspersão, na superfície do solo.



### 2.6.2. Uniformidade de Aplicação de Água

A uniformidade de aplicação de água é um importante factor a ser considerado na avaliação dos sistemas de irrigação por aspersão (FARIA et al., 2009).

Segundo Mantovani (2013), no sistema de rega por aspersão convencional, pode-se trabalhar avaliando um, dois, três ou quatro aspersores, nas disposições retangulares ou triangulares. Com exceção da avaliação usando quatro aspersores, faz-se necessária sobreposição das lâminas colectadas. O procedimento para colecta dos dados no campo pode ser: escolha dos emissores a serem avaliados, montagem da malha de colectores (geralmente espaçados de 3 x 3 m sobre suportes), funcionamento do sistema (pelo menos uma hora), medição das pressões de serviço nos aspersores, medição da pressão da bomba e medição do caudal do aspersor.

Segundo Martinez *et al.* (2001), a uniformidade de irrigação indica o grau de regularidade na aplicação de água observada nas diferentes posições da parcelairrigada, e, a eficiência de irrigação é usualmente entendida como o percentual da lâmina bruta de irrigação aplicada, que é utilizada para atender à demanda da cultura e da lixiviação dos sais do solo.

### 2.6.3. Determinação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)

O método de Christiansen (CUC) é uma das maneiras mais utilizadas para se medir o coeficiente de uniformidade, o qual expressa a variabilidade da lâmina de irrigação aplicada na superfície do solo em relação à lâmina média aplicada em cada aspersor, por meio de medidas de dispersão expressas na forma adimensional (Bernardo; Soares e Mantovani, 2008)

Utiliza-se a equação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) para determinar a uniformidade de aplicação:

$$CUC = 100 * \left[ \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - X_m|}{n * X_m} \right] \quad (2.2)$$

Em que:

CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (%);

X<sub>m</sub> = media dos valores observados nos coletores (mL);

n = número de coletores na área simulada;

X<sub>i</sub> = quantidade de água observada em cada coletor (mL).

#### 2.6.4. Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)

Criddle et al. (1956) introduziram outra medida de uniformidade, denominado coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), considerando a razão entre a média de 25% do total de pluviómetros, com as menores precipitações e a média das precipitações. O CUD pode ser determinado pela expressão seguinte:

$$CUC = \frac{X_{25}}{X_{med}} * 100\% \quad (2.3)$$

Onde: CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição (%);

X<sub>25</sub>- média do menor quartil (mm);

X<sub>med</sub>- média geral dos valores de precipitação (mm).

#### 2.6.5. Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE)

Wicox e Swailes (1947) sugeriram outro coeficiente de uniformidade, denominado - o coeficiente estatístico de uniformidade (CUE). Os autores substituíram o valor absoluto dos desvios, em relação ao valor medio do CUC pelo desvio- padrão, ou seja, pela soma dos quadrados dos desvios em relação ao valor medio, conforme Walker (1979) e Bernardo (1996). O CUE é calculado pela equação:

$$CUE = 100 * \left(1 - \frac{S_d}{X_{med}}\right) \quad (2.4)$$

Onde: CUE- coeficiente de uniformidade estatístico (%);

S<sub>d</sub>- desvio-padrão dos valores de precipitação (mm);

X<sub>med</sub>- média geral dos valores de precipitação (mm).

**Tabela 6.** Classificação dos valores do desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional em função do CUC, CUD e CUE

Classificação	CUC (%)	CUD (%)	CUE(%)
<b>Excelente</b>	>90	>84	90-100
<b>Bom</b>	80-90	68-84	80-90
<b>Razoável</b>	70-80	52-68	70-80
<b>Mau</b>	60-70	36-52	60-70
<b>Inaceitável</b>	<60	<36	<60

Fonte: Mantovani (2001)

### **2.6.6. Eficiência nos métodos de irrigação**

Segundo Bernardo (1995), o termo eficiência representa um balanço entre os volumes de água envolvidos no processo de irrigação. Esses volumes referem-se à quantidade de água captada na fonte, fornecida às parcelas, volume necessário às plantas, armazenado no solo à profundidade efetiva do sistema radicular das culturas e volume perdido por deriva, escoamento superficial ou run-off, evaporação e percolação.

### **2.6.7. Eficiência de aplicação**

Segundo FAO (1989), a eficiência de aplicação é um parâmetro que permite ilustrar em que medida um determinado sistema de rega é eficiente no transporte da água até a planta. A eficiência de aplicação depende do método de rega. A tabela 7 ilustra que a rega por aspersão permite obter media eficiência de aplicação, resultando em médios consumos de água.

**Tabela 7.** Eficiência de aplicação de sistemas de irrigação

<b>Método de irrigação</b>	<b>Eficiências de aplicação</b>
Irrigação por Superfície (Sulcos e bacias)	60%
Irrigação por aspersão	75%
Irrigação por gotejamento	90%

Fonte: Adaptado da FAO (1989)

### **2.6.8. Eficiência de irrigação por aspersão convencional**

Segundo Mantovani, et al (2013), a eficiência de aplicação de água de um sistema de irrigação se resume na diferença entre a quantidade de água que se aplica (sai do equipamento) e a que é efetivamente aproveitada pela planta para o seu consumo.

As perdas irão variar de acordo com diversas características, tanto climáticas quanto de equipamentos e situações de cultivo, e estas se resumem em: Perdas durante a aplicação da água e perdas após a aplicação de água.

## **2.7. Balanço hídrico do solo e necessidades de rega**

A determinação do balanço hídrico do solo na zona de enraizamento, com a respectiva quantificação dos termos que o constituem e a caracterização dos padrões de ocorrência dos processos de transferência hídrica (padrões de extracção radical e de escoamento de água no solo) é uma necessidade determinante para a gestão da rega e para o seu melhoramento e optimização (Pereira, 2008).

### 2.7.1. Disponibilidade de água no solo para irrigação

Segundo Mello e Silva (2009), a água no solo teoricamente considerada disponível para as plantas é aquela armazenada entre a capacidade de campo (Cc) e o ponto de murchamento (Pm). Em termos de potencial matricial, a água disponível se encontra entre 0,1 - 0,3 atm e 15 atm. Diz-se teoricamente disponível porque, para a maioria das plantas, muito antes de o solo atingir o Pm, a água já deixa de ser disponível, ou seja, a planta já não consegue absorver a quantidade de água necessária para o seu metabolismo e sua transpiração. Porém, o conceito clássico de água disponível nos fornece um critério para caracterizar o solo quanto à sua capacidade de armazenamento. De modo geral, um solo raso e/ou de textura grossa, apresenta uma menor capacidade de retenção e, conseqüentemente, exige irrigações mais frequentes.

A capacidade de campo (Cc) representa a quantidade de água retida pelo solo em condições de campo contra a força da gravidade. O ponto de murchamento (Pm) representa o teor de umidade de equilíbrio, entre a força de coesão, exercida pelas partículas do solo sobre a película de água aderente às mesmas, e a força de sucção exercida pelas raízes das plantas. (Mello e Silva, 2009).

Segundo a FAO (2001) a dotação líquida é a quantidade de água que deve-se dar ao solo para atingir a capacidade de campo, expressa pela equação abaixo apresentada.

$$D_{net} = (Cc - Pm) * z * p$$

**Onde:** Cc é capacidade de campo (%), Pm é o ponto de murcha permanente (%), z é a profundidade de sistema radicular da cultura (m) e p é o factor de depleção.

**Tabela 8.** Valor de água disponível no solo, segundo a sua classe texturais

Classe textural	Cc (%)	Pm (%)	AD (% = mm/dm)	AD (mm/m)
Arenoso	10-20 (15)	4-10 (7)	6-10 (8)	60-100 (80)
Franco arenoso	15-27 (21)	6-12 (9)	9-15 (12)	90-150 (120)
Franco	25-36 (31)	11-17 (14)	14-19 (17)	140-190 (170)
Franco argiloso	31-41 (36)	15-20 (17)	16-21 (19)	160-210 (190)
Silto - argiloso	35-46 (40)	17-23 (19)	18-23 (21)	180-230 (210)
Argiloso	39-49 (44)	19-24 (21)	20-25 (23)	200-250 (230)

**Fonte:** FAO (2002)

Para a estimativa do fator **p** as culturas foram agrupadas de acordo com as suas especificidades fisiológicas e a sua evapotranspiração máxima. A margem de tolerância desse fator é estreita para as culturas que têm a parte colhida carnosa ou fresca (frutas, hortaliças e forragens) e é mais ampla naquelas cuja parte colhida é seca (cereais para grãos, algodão e oleaginosas). O valor de **p** pode variar com o período vegetativo e geralmente é maior na fase de maturação devido à baixa evapotranspiração (Mello e Silva, 2009).

**Tabela 9.** Grupos de culturas de acordo com a perda de água no solo

Grupo	Culturas
1	Cebola, pimenta, batata
2	Banana, repolho, uva, ervilha, tomate
3	Alface, feijão, cítricas, amendoim, abacaxi, girassol, melancias, trigo
4	Algodão, milho, azeitona, açafrão, sorgo, soja, beterraba, cana-de-açúcar, fumo

Fonte: FAO (1979).

A tabela 10 representa valores do factor de depleção, baseados em grupos de cultura e evapotranspiração máxima diária da cultura.

**Tabela 10.** Fração (p) para grupos de culturas e evapotranspiração máxima diária (ETm)

Grupo de cultura	ETm mm/dia (ETP)								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.50	0.425	0.35	0.30	0.25	0.225	0.20	0.20	0.175
2	0.675	0.575	0.475	0.40	0.35	0.325	0.275	0.25	0.225
3	0.80	0.70	0.60	0.50	0.45	0.425	0.375	0.35	0.30
4	0.875	0.80	0.70	0.60	0.55	0.50	0.45	0.425	0.40

Fonte: FAO (1979).

### 2.7.2. Irrigação Real Necessária (IRN)

Mello e Silva (2009), afirmam que quando se altera o valor de **f** com relação ao tabelado, é comum atribuir uma nova terminologia para DRA. Como essa situação (mudança de **f**) constitui-se na regra e não exceção, DRA passa a ser denominada irrigação real necessária (IRN), que vem a ser a quantidade de água que se necessita aplicar por irrigação. Para os sistemas de irrigação por sulcos de infiltração ou aspersão, é comum e quase sempre  $IRN = DRA$ .

### **2.7.3. Modelo CropWat para simulação do balanço hídrico para a determinação das necessidades de rega**

O modelo CROPWAT (Smith, 1992) para Windows é um programa que utiliza o método da FAO Penman-Monteith para determinar a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) com base em dados climáticos mensais. Posteriormente, baseado no balanço hídrico diário do solo, estima as necessidades em água das culturas e elabora calendários de rega (Clarke *et. al.*, 1998). É deste modo uma ferramenta útil para planear, uma campanha de rega ou para auxiliar no desenvolvimento de um projecto de regadio. O modelo CROPWAT, no entanto, não é adequado para a condução da rega em tempo real, essencialmente, por não permitir a introdução diária de dados de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) pois, neste programa, os dados climáticos e a ET<sub>o</sub> apenas podem ser introduzidos mensalmente e sendo posteriormente ajustados ao dia segundo determinados critérios. Este programa guarda os dados de clima, de solo e da cultura em ficheiros distintos o que, por vezes, não facilita a sua actualização e a obtenção dos resultados em tempo real (Mendes, 2007 citado por Ferreira, 2011).

### **III. METODOLOGIA**

Neste capítulo será apresentada a caracterização da área de estudo, os materiais e os respectivos procedimentos empregues para a realização do trabalho. Após os conceitos da revisão bibliográfica serem apresentados no sentido de se definir os parâmetros para avaliação do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional para cultura de cana-de-açúcar em Timanguene – Açucareira de Xinavane, foi necessário conhecer o campo e suas condições existentes para a realização do trabalho. Durante o estudo foram realizadas as actividades tais como, determinação de testes de Infiltração, colecta de volumes de água com os pluviómetros, medição de caudais dos aspersores e do hidrantes e medição das pressões do serviço nos aspersores e nos hidrantes. As necessidades hídricas da cultura de cana-de-açúcar que foram obtidos através do *Software CropWat 8.0* e outra fase compreendeu em processar os dados na folha do *Excel*, analisar, discutir os resultados e sugerir ou propor as possíveis soluções que podem ajudar a melhorar o desempenho do sistema de irrigação, desta forma segue-se:

#### **3.1. Caracterização da área de estudo**

##### **3.1.1. Localização Geográfica**

As áreas de estudo estão localizadas na zona de produção agrícola de Timanguene 2, que localiza-se no posto administrativo de Magude, distrito de Magude, província de Maputo, a situando-se entre os paralelos 25° 07' 05" de latitude Sul e entre 32°55' 42" de longitude Este.

O estudo foi conduzido nos blocos TME, TMSG e TMF, nos campos TME17, TME18, TME23, TME28, TME40, TMSG01, TMSG04, TMSG12, TMSG16, TMSG18, TMF01, TMF02, TMF03 e TMF04. A escolha dos campos foi de forma aleatória, dependendo das condições de realização do trabalho que os campos apresentavam.

Segundo METER (2005), o distrito de Magude, está localizado na parte Norteda Província de Maputo, confina a Norte com os distritos de Chókwè e Bilene Macia da província de Gaza, a Sul com a Moamba, a Este com a Manhiça e a Oeste com a República da África do Sul (RAS)

### **3.1.2. Clima e Hidrografia**

O clima do distrito é subtropical seco, de acordo com a classificação Koppen, tendo uma temperatura média anual entre 22 e 24 °C e uma pluviosidade média anual de 630 mm. Predominam 2 estações: a Quente e de pluviosidade elevada – Outubro a Março (com 80% da precipitação anual); e a Fresca e seca – Abril a Setembro. O distrito é atravessado, para além do rio Incomáti, pelos rios Mazimuchopes, Masintonto e Uanétze, de regime periódico, alimentados pela chuva, e com períodos de muito baixo caudal na época seca.

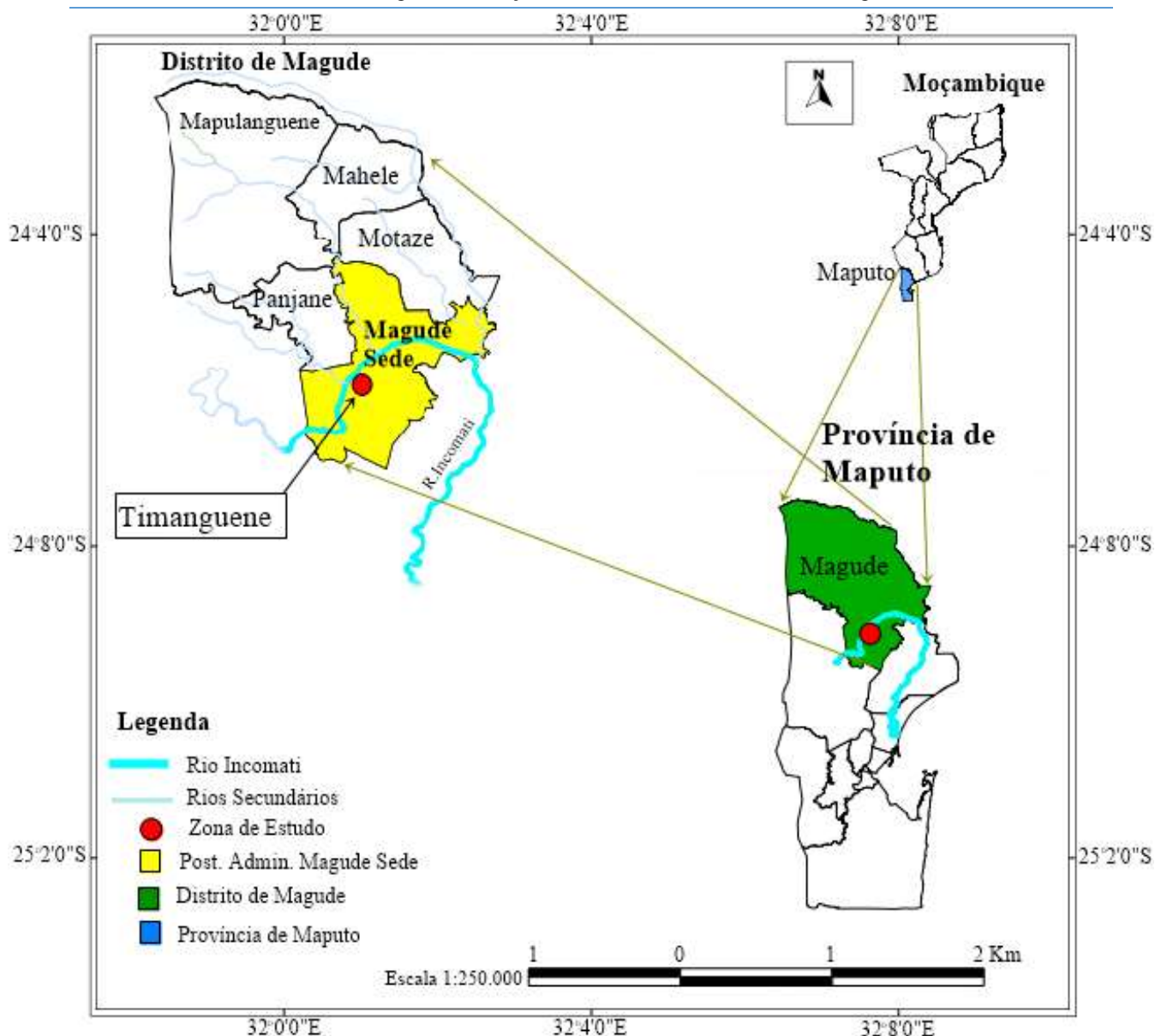
### **3.1.3. Relevo e Solos**

O distrito tem fundamentalmente áreas planas, com cotas inferiores a 100 metros ou oscilando entre 100 e 200 m. As formações de solos argilosos vermelhos e com boa fertilidade são frequentes no distrito, sendo intercaladas com solos franco-argilosos-arenosos acastanhados de fertilidade boa a intermédia. Ao longo da fronteira com a RAS predominam solos delgados pouco profundos, rochosos e não aptos para agricultura. Os solos fluviais existentes têm uma alta fertilidade, mas são de difícil lavoura, devido em parte ao excesso de água e de salinidade. No centro do distrito surgem solos arenosos de fertilidade muito baixa e com baixa capacidade de retenção de água.

O distrito de Magude possui formações extrusivas sedimentares (iniciadas na Swazilândia). Ao longo da fronteira com a RAS destacam-se os riolitos, basaltos e tufos vulcânicos (era quaternária). Os conglomerados e calcários são predominantes no interior do distrito, onde chegaram a atingir 20 metros de espessura. Há a salientar ainda a existência de ágatas numa faixa de Catusse e Mapulanguene, passando pelos Montes Libombos, e de fosforites na bacia do Incomáti,(METER, 2005).

A figura 1 apresenta o mapa de localização da zona de estudo, partindo da província, distrito, posto administrativo e a respectiva aldeia. Os campos avaliados estão ilustrados no mapa do anexo VII.





**Figura 1.** Mapa de localização da zona de estudo, distrito de Magude.

### 3.2. Determinação da velocidade de infiltração básica do campo

Para a determinação da velocidade de infiltração básica de água no solo, foi usado o método do infiltrómetro de anel duplo. Para a instalação dos cilindros, inicialmente foram escolhidos locais que estejam em condições para a execução do teste, de modo que estes sejam representativo da área total, evitando-se locais pedregosos, com elevações e depressões. Para a realização deste teste, foram utilizados os materiais apresentados na tabela 11.

**Tabela 11.** Materiais utilizados no campo para determinação da velocidade de infiltração básica de água no solo em todos campos avaliados

Ordem	Denominação	Quantidade
1	Anel com diâmetro de 25cm e altura de 30 cm	3
2	Anel com diâmetro de 50cm e altura de 30 cm	3
3	Cronómetro	1
4	Martelo	1
5	Cruzeta	1
6	Réguas graduadas	3
7	Baldes (20 litros)	6

### Procedimentos de campo

Após a seleção cuidadosa do local normalmente sem sinais de uso ou distúrbios de tráfico foram instalados os anéis concêntricos, na vertical no solo em simultâneo com o auxílio da cruzeta e maretta até a metade, a uma profundidade de 15cm de modo a restar uma outra altura livre sobre ela nos três blocos de estudo. Em seguida a água foi colocada, ao mesmo tempo nos dois anéis e, as leituras foram efetuadas no anel interno, anotando-se o volume de água colocado no anel, com intervalos de tempo pré-determinados.

A diferença de leitura entre dois intervalos de tempo representou a infiltração vertical neste período, ou a profundidade de água que se infiltra no transcorrer do tempo. O intervalo das leituras variou de 5 a 10 minutos. O teste terminou quando a taxa de infiltração permaneceu constante. Neste momento, foi considerado que o solo atingiu a chamada velocidade de infiltração básica.

Durante o teste, os anéis foram reabastecidos todas as vezes que a carga hidráulica se situava próximo de 5 cm. A cada reabastecimento, era anotada nova altura de referência. Com os dados obtidos no teste, foi elaborada uma tabela que teve os valores equivalentes a variação da velocidade de infiltração ao longo do tempo, bem como todos os valores da infiltração acumulada durante o teste. Dessa forma, foram determinados os parâmetros da equação de infiltração.

O teste de infiltração foi realizado com objectivo de conhecer a velocidade de infiltração básica do solo (VIB), sendo assim, foi possível obter os dados através do método da regressão linear, onde os valores de **A** e **B** foram determinados usando as seguintes equações:

$$A = \frac{\sum X \cdot \sum XY - \sum X^2 \sum Y}{(\sum X)^2 - m \cdot \sum X^2} \quad (3.1)$$

$$B = \frac{\sum X \cdot \sum Y - m \cdot \sum XY}{(\sum X)^2 - m \cdot \sum X^2} \quad (3.2)$$

**Onde:**

m = é o número de pares de dados de infiltração acumulada (I) e tempo de infiltração (T);

X = log T; e Y = log I.

Obtidos os valores de A e B, em seguida será determinado **k** e **a**, onde o valor de **k** será encontrado aplicando o **antilog A**, e **a** será o próprio valor de B.

A = log k; k = antilog A ↔ k = 10<sup>A</sup>; e por fim, B = a, então, a = B

A figura 2 mostra o processo de determinação da infiltração no campo, usando infiltrómetro de anel duplo.



**Figura 2.** Medição da infiltração com infiltrómetro de anel duplo. Instalação do anel (A), introdução de água (B) e leitura da carga hidráulica (C).

### 3.2.1. Determinação de velocidade infiltração básica do solo

Para a determinação de velocidade de infiltração básica do solo foi usado a equação abaixo:

$$VIB = 60 * K * a * \left[ \frac{-0,01}{60 * K * a * (a - 1)} \right]^{\left( \frac{a-1}{a-2} \right)} \quad (3.3)$$

Onde:

VIB- velocidade infiltração básica (cm/h);

k- constante que depende do solo;

a -Constante dependente do solo, variando de (0 a 1).

### 3.3. Determinação da uniformidade de rega

Segundo Pereira (2005), o estudo de diagnóstico dos sistemas de rega por aspersão visa a avaliação do funcionamento dos sistemas de rega instalados e a sua análise baseia-se, fundamentalmente, na caracterização destes sistemas e na determinação de indicadores de desempenho, de forma a dar uma panorâmica da realidade da rega. Os dados recolhidos no campo servem, também, para identificar os problemas existentes consequentemente, contribuir com propostas para a sua solução.

Para a determinação da uniformidade de rega usou-se o método de recolha de dados no campo como: volumes de água aplicados pelo aspersor, pressão do serviço do aspersor e caudal do bocal do aspersor, utilizando os seguintes materiais de avaliação apresentados na tabela 12:

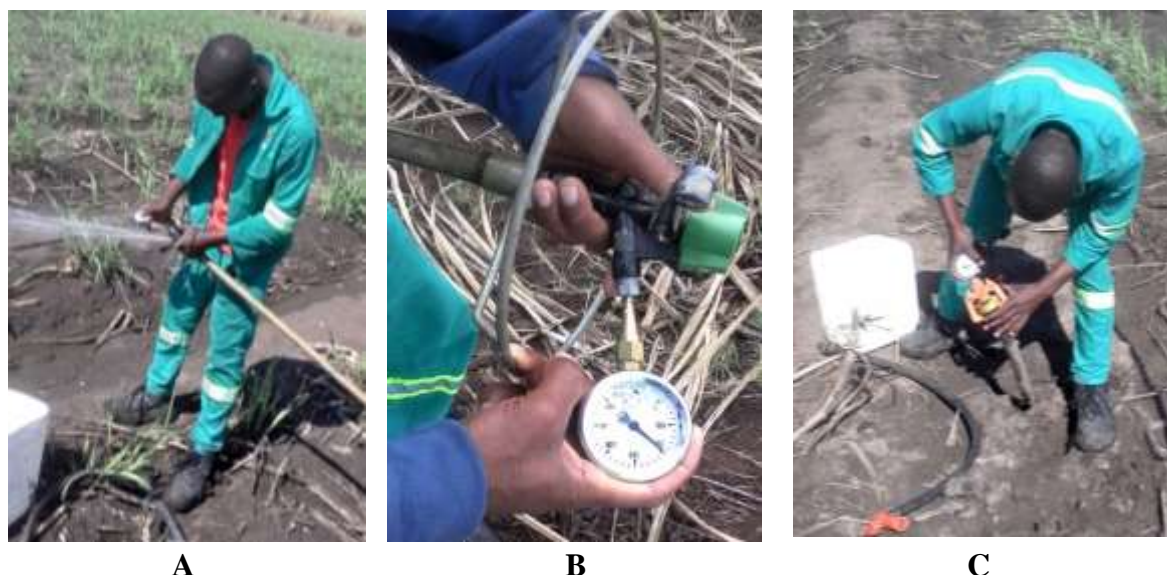
**Tabela 12.** Materiais utilizados no campo para determinação da uniformidade de rega em todos campos avaliados

Ordem	Denominação	Quantidade
1	Manómetros de glicerina	2
2	Pluviómetros graduados	36
3	Ferros para suporte dos pluviómetros	36
4	Cronómetro	1
5	Recipiente para medição de caudal	1
6	Fita métrica;	1
7	Anemómetro digital portátil	1

### Procedimentos de campo

A avaliação dos sistemas de rega por aspersão dos locais em estudo, consistiu na recolha de informação em cada bloco/campo sobre a pressão e caudal, velocidade do vento, inicial e final, e a realização de ensaios de uniformidade de distribuição da água de rega. O tempo de funcionamento dos aspersores, durante os ensaios, foi de 60 minutos.

Para medir as pressões dos aspersores e hidrantes usou-se os manómetros de glicerina um ligado a um tubo para facilitar a medição nos hidrantes. As medições das pressões foram feitas em 4 aspersores de colecta de precipitação nos 4 aspersores das laterais, isto é, nas duas laterais próximas da bomba e nas duas laterais distantes da bomba.



**Figura 3.** Processos de medição das pressões. Medição da pressão nos aspersores (A e B) e medição da pressão nos hidrantes (C)

Para o processo de medição do caudal nos aspersores usou-se um balde de 20 litros, mangueira de 1 metro e 1 cronómetro. Conectou-se a mangueira no bocal do aspersor ligado e acionou-se o cronómetro para controlar o tempo de enchimento. Este processo também foi feito nos 4 aspersores do teste de uniformidade e nos 4 aspersores das laterais.



**Figura 4.** Processos de medição de caudais. Medição dos caudais nos aspersores (A e B) e medição do caudal nos hidrantes (C)

Os pluviómetros foram colocados entre 4 aspersores formando uma malha quadrada entre duas linhas laterais adjacentes e com um espaçamento entre os coletores de 3m<sup>2</sup>. Os mesmos tiveram suporte de ferros de aço apropriados e, usou-se 36 colectores em cada avaliação. As precipitações foram coletadas através dos mesmos pluviómetros graduados, depois fez-se as respectivas leituras dos volumes em todos colectores. Conforma ilustra a figura 5.



**Figura 5.** Processo de colecta de água precipitada pelos aspersores. Medição dos espaçamentos (A), montagem dos pluviómetros (B) e leitura da lâmina aplicada (C).

As leituras das velocidades do vento em todos os campos foram feitas antes e no fim dos testes de uniformidades, com o auxílio a um Anemómetro digital portátil.

A observação do desgaste em bicos ou diâmetro actual do bocal de asperses foi medida com um aparelho especialmente usado, de aço graduado de acordo com os diâmetros dos bocais disponíveis.

### **Cálculo dos indicadores de desempenho**

A metodologia adoptada neste estudo baseou-se em Mantovani E. Chartuni, Bernardo Salassier e Palaretti Fabiano (2013), entre os principais indicadores de desempenho úteis para definição e comparação de sistemas, e para os quais se conhecem interpretações minimamente válidas em termos de impacto sobre o uso da água e minimização de impactes ambientais, incluem-se (Pereira, 2005).

#### **3.3.1. Determinação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen**

Para a determinação do coeficiente de uniformidade de Christiansen foi usada a equação 3.4 proposta pelo autor do mesmo nome Christiansen (1942), abaixo apresentada.

$$CUC = 100 * \left[ \frac{\sum_{i=1}^n |Xi - Xm|}{n * Xm} \right] \quad (3.4)$$

**Onde:**

CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (%);

Xm = media dos valores observados nos coletores (mL);

n = número de coletores na área simulada;

Xi = quantidade de água observada em cada coletor (mL).

### 3.3.2. Determinação do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)

Para a determinação do coeficiente da uniformidade de distribuição usou-se a equação 3.5 abaixo apresentada:

$$CUD = \frac{X_{25}}{X_{med}} * 100\% \quad (3.5)$$

**Onde:**

CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição (%);

X25- média do menor quartil (mm);

Xmed- média geral dos valores de precipitação (mm).

### 3.3.3. Determinação do Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE)

Para a determinação de Coeficiente de Uniformidade Estatístico foi usada a equação 3.6 abaixo apresentada:

$$CUE = 100 * \left( 1 - \frac{S_d}{X_{med}} \right) \quad (3.6)$$

**Onde:**

CUE - coeficiente de uniformidade estatístico (%);

Sd- desvio-padrão dos valores de precipitação (mm).

**NB:** Os coeficientes: CUC, CUD e CUE foram determinados usando uma planilha Excel, que contém todas as equações acima citadas.

### 3.3.4. Determinação da Lâmina de água aplicada

Para determinação da lâmina aplicada foi usada a seguinte equação 3.7 que segue:

$$L_{apl} = \frac{1000 * Q * T}{S_1 * S_2} \quad (3.7)$$

**Onde:**  $L_{apl}$  – Lâmina aplicada (mm);

$Q$  = Vazão do sistema;  $T$  = Tempo (h);

$S_1$  = espaçamento entre posições ao longo da linha lateral (m); e

$S_2$  = Espaçamento entre as linhas laterais.

### 3.3.5. Determinação da Intensidade de aplicação

A intensidade de aplicação ( $I_a$ ) foi calculada pela seguinte equação abaixo apresentada:

$$I_a = \frac{Q}{E_{LL} * E_A} * 1000 \quad (3.8)$$

Onde:  $I_a$  - intensidade de aplicação (mm/h),

$Q$  – Caudal ( $m^3/h$ ),  $E_{LL}$ - Espaçamento entre linhas laterais (m) e

$E_A$ - Espaçamento entre aspersores (m).

### 3.4. Determinação da eficiência do Sistema de rega

Para a determinação da eficiência do sistema de rega por aspersão convencional foram usados alguns dados obtidos no campo no decorrer da actividade de rega. Para este efeito contou-se com auxílio de volumes ou lâminas de água aplicadas nos campos avaliados. Após a obtenção dos volumes será determinada a eficiência de aplicação. Usando o método de cálculos estimou-se a eficiência de aplicação na rega para todos os campos avaliados.

#### 3.4.1. A eficiência de aplicação de água

A eficiência em potencial de aplicação de água foi estimada segundo Bernardo (1995), através da equação 3.9, abaixo apresentada.

$$E_a = \frac{L_{mcol}}{L_{apl}} * 100 \quad (3.9)$$

**Onde:**

$E_a$  = eficiência em potencial de aplicação de água (%);

$L_{mcol}$  = lâmina média coletada(mm); e

$L_{apl}$  = lâmina aplicada(mm).



### 3.4.2. Determinação das perdas de água na distribuição

As perdas de água na distribuição (PAD) do sistema avaliado foram obtidas pela expressão matemática 3.10 abaixo apresentada.

$$PAD = 100 - Ea \quad (3.10)$$

**Onde:**

PAD - Perdas de água na distribuição (%);

Ea - Eficiência de aplicação (%).

### 3.5. Determinação de Irrigação Real Necessária (IRN)

Após a determinação dos parâmetros físico-hídricos do solo nos blocos de estudo avaliados, foram calculadas as lâminas de irrigação real necessária (IRN) para elevar a humidade actual do solo à capacidade de campo em todas áreas. Para a determinação da necessidade de água de rega (NAR) recorreu-se ao programa CropWat obedecendo as datas de sementeira da cultura nos respectivos sectores, para tal foram introduzidos dados referentes a textura do solo da área em estudo e usando os dados climáticos do distrito existentes no banco de dados do programa acima referenciado.

Com os dados da precipitação efectiva (Peff) e a evapotranspiração da cultura (ETc) obtido foi determinado a necessidade de água de rega (NAR) para a cultura de cana-de-açúcar.

#### **Procedimentos:**

O processo de determinação de necessidades de água de rega foi efectuado através do software CropWat 8.0. A determinação da evapotranspiração potencial (ETc) em mm/dia da cultura de cana-de-açúcar fez-se também no programa Cropwat, com a introdução de dados do solo do local de estudo e usando os dados climáticos de Magude existentes no banco de dados do programa, tendo o Etc pico no mês de Dezembro com o valor de 6.87 mm/dia.

Para determinar as irrigações reais necessárias (IRN) ou dotação líquida, que é a quantidade de água que deve-se dar ao solo para atingir a capacidade de campo, usou-se a equação 3.11 abaixo apresentada.

$$D_{net} = (C_c - P_m) * z * p \quad (3.11)$$

**Onde:** Cc é capacidade de campo (%),

Pm é o ponto de murcha permanente (%),

z é a profundidade de sistema radicular da cultura (m) e p é o factor de depleção.

Para determinar as dotações líquidas necessárias em cada bloco, recorreu-se aos dados tabelados da FAO, de capacidade de campo, ponto de murcha permanente, tendo-se obtido os valores de água disponível em mm/m.

Os intervalos de rega para os 3 blocos de estudo foram determinados usando a equação 3.12 abaixo apresentada.

$$If = \frac{Dnet}{NAR} \quad (3.12)$$

Onde: **If** é o intervalo de rega (dias), **Dnet** é a dotação líquida (mm), **NAR** – necessidades de água de rega (mm/dia).

Para adequar-se com as condições reais do campo, ajustou-se os intervalos de rega, baseando-se nos intervalos usados na empresa e determinou-se as dotações líquidas ajustadas com intervalos de rega usados na empresa.

#### IV. RESULTADOS

Neste capítulo estão apresentados os resultados obtidos na avaliação do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional para produção da cultura de cana-de-açúcar no sector de Timanguene 2 na Açucareira de Xinavane. Após o processamento no Microsoft Excel os dados colhidos nos campos de estudo para o presente trabalho, observou-se os seguintes resultados:

##### 4.1. Velocidade de Infiltração Básica do solo

No sistema de rega por aspersão o conhecimento da velocidade de infiltração básica do solo é muito importante, pois é com este dado que conseguimos fazer a comparação com a intensidade de aplicação do aspersor, evitando deste modo o escoamento superficial. Na tabela 13 estão apresentados, os coeficientes  $k$  e  $a$ , as equações de Infiltração (I), Velocidade de Infiltração Instantânea (VI), Velocidade de Infiltração média (Vim) e a respectiva velocidade de infiltração básica (VIB).

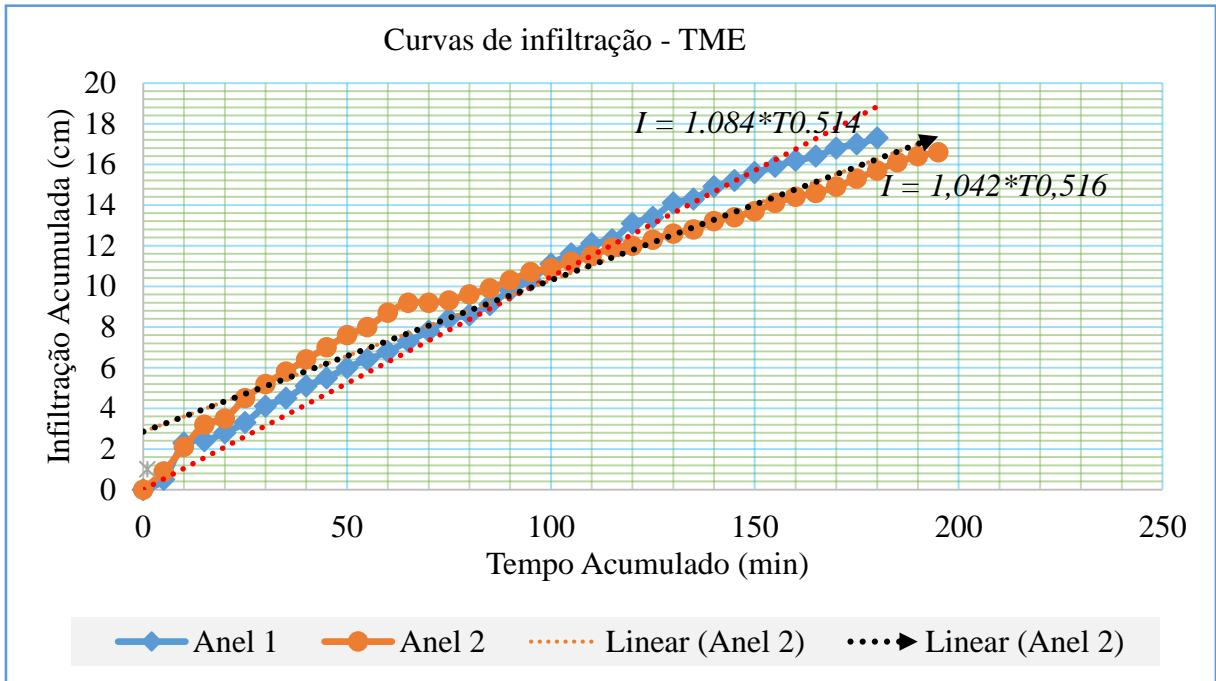
**Tabela 13.** Apresentação das equações de Infiltração (I), Velocidade de Infiltração Instantânea (VI), Velocidade de Infiltração média (Vim), velocidade de infiltração básica (VIB) e constantes  $K$  e  $a$ .

Blocos	Parâmetros determinados					
	K	a	I	VI	Vim	VIB (cm/h)
TME	1.063	0.515	$1.063 * T^{0.515}$	$0.547 * T^{-0.485}$	$1.063 * T^{-0.485}$	2.96
TMF	1.098	0.264	$1.098 * T^{0.264}$	$0.289 * T^{-0.736}$	$1.098 * T^{-0.736}$	0.94
TMSG	1.151	0.400	$1.151 * T^{0.400}$	$0.460 * T^{-0.6}$	$1.151 * T^{-0.6}$	1.73

Dos resultados contidos na tabela 13, pode-se observar que está-se perante solos com diferentes capacidades de infiltração, sendo o bloco TMSG com menores valores da VIB, TMF com valores médios e TME com valores maiores ou alta capacidades de infiltração.

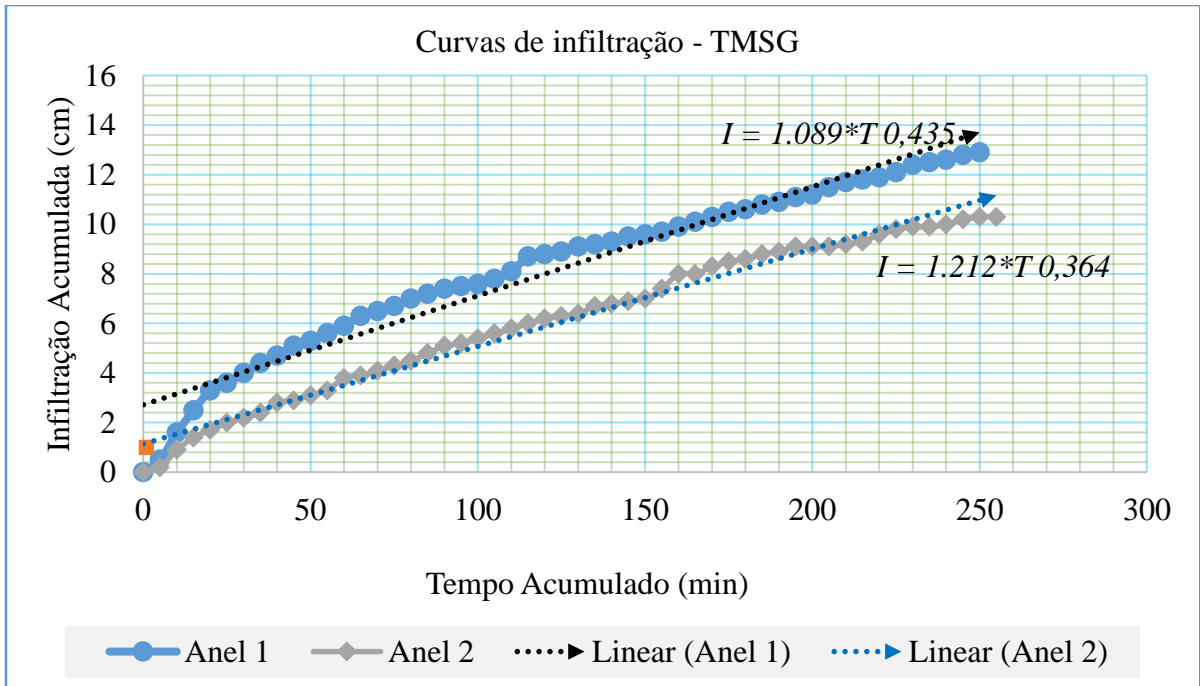
Nas figuras 6,7 e 8, apresentam-se as funções de infiltração cumulativa média e o comportamento dos gráficos dos três blocos de estudo nomeadamente, TME, TMSG e TMF do Timanguene 2, estes gráficos foram produzidos através do tempo acumulada e infiltração acumulada:

Através da figura 6 pode-se observar que a taxa de infiltração de água no solo, apresenta disparidade entre os anéis utilizados no ensaio, mas com a mesma tendência.



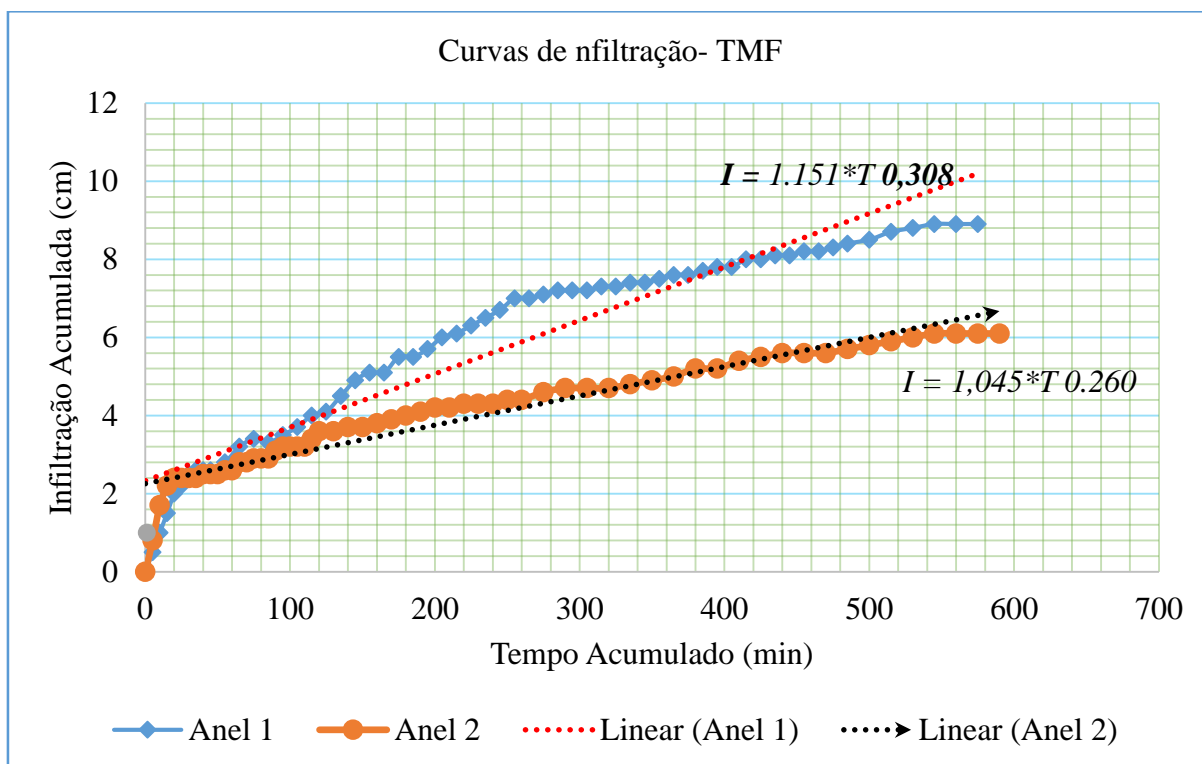
**Figura 6.** Representação gráfica da infiltração cumulativa do solo no TME

A figura 7 mostra as funções de infiltração cumulativa média e o comportamento dos gráficos no bloco TMSG.



**Figura 7.** Representação gráfica da infiltração cumulativa do solo no TMSG

A figura 8 apresenta as curvas de infiltração dos dois anéis no TMF, notando-se que a taxa de infiltração de água no solo também apresenta muita disparidade entre os anéis utilizados no ensaio.



**Figura 8.** Representação gráfica da infiltração cumulativa do solo no TME

#### 4.2. Textura do solo

A classificação da textura do solo para os três blocos de estudo, foi obtida através da análise dos valores médios da velocidade de infiltração básica encontrada através de ensaio no campo, que constam na tabela 14.

**Tabela 14.** Classificação da textura do solo através da VIB do solo

Bloco	VIB (cm/h)	VIB (mm/h)	Solo	Classificação do solo
TME	2.96	29.6	VIB alta	Franco arenoso
TMSG	1.73	17.3	VIB baixa	Franco siltoso
TMF	0.94	9.4	VIB média	Franco argiloso

### 4.3. Avaliação de desempenho dos sistemas de rega

Os ensaios foram realizados sem qualquer intervenção prévia ao nível da correcção ou ajustamento de deficiências funcionais dos sistemas de rega. Na Tabela 15 estão representados os valores da área, vento, pressão e caudal de operação dos aspersores, pressão da válvula e da bomba, medidos em cada um dos campos onde decorreram os ensaios de uniformidade.

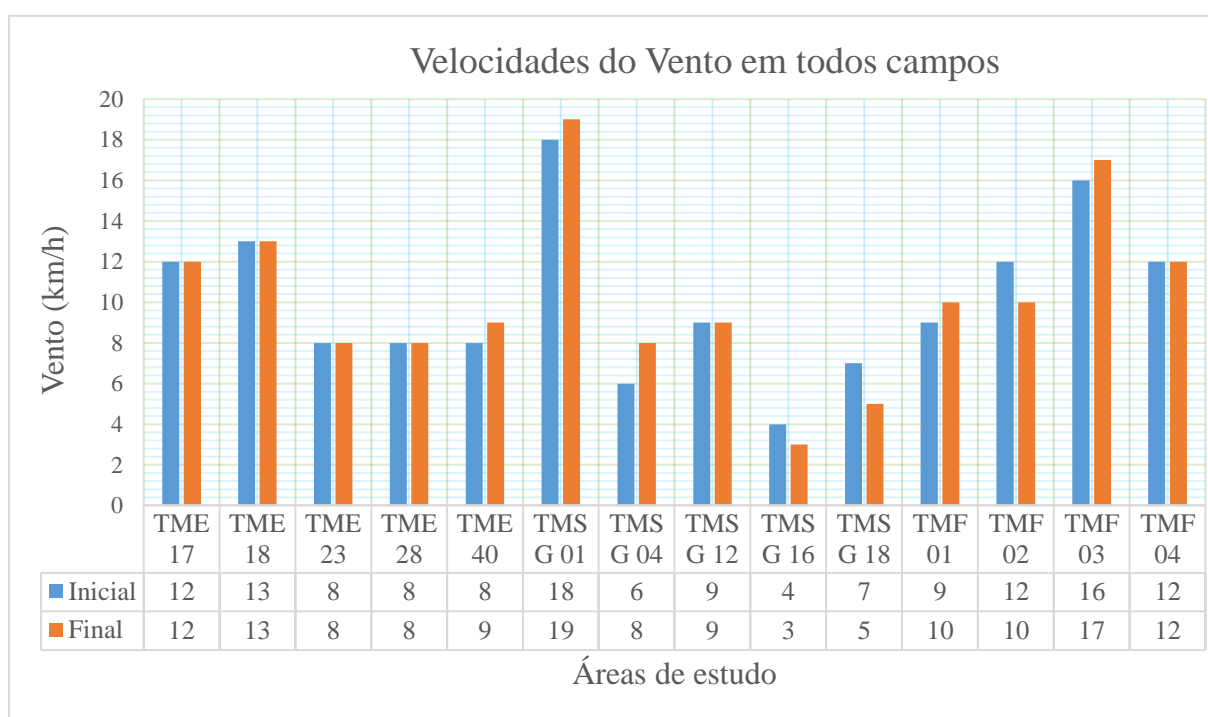
**Tabela 15.** Valores da área, vento, pressão e caudal de operação dos aspersores, pressão da válvula e pressão da bomba

Nº de Campos	Parâmetros										
	Área (ha)	Vento (km/h)		Pressão (Kpa)			Caudal (m <sup>3</sup> /h)			P.V (Kpa)	P.B (Kpa)
		Inicial	Final	Min	Med	Max	Min	Med	Max		
TME17	25,78	12	12	250	285	330	0,88	0,99	1,33	350	600
TME18	25,18	13	13	240	277,5	360	0,81	0,93	1,22	380	600
TME23	17,11	8	8	120	195	240	0,73	0,89	1,18	210	420
TME28	17,11	8	8	160	203,75	230	0,6	0,8	1,22	240	420
TME40	10,63	8	9	220	267,5	280	0,84	0,93	1,29	280	600
TMSG01	10,8	18	19	250	266,25	280	0,9	1,26	1,38	200	600
TMSG04	10,8	6	8	180	208,75	250	0,86	1,02	1,26	190	500
TMSG12	12,7	9	9	240	283,75	340	0,9	1,26	1,41	160	550
TMSG16	15,9	4	3	190	241,25	320	1,03	1,21	1,44	160	550
TMSG18	18,3	7	5	240	257,5	270	0,87	1,25	1,41	260	550
TMF01	8,3	9	10	260	288,75	350	1,33	1,37	1,47	390	600
TMF02	12,4	12	10	180	246,25	280	0,65	1,13	1,33	250	650
TMF03	8,3	16	17	160	202,5	240	0,95	1,1	1,24	210	600
TMF04	12,4	12	12	240	258,75	290	1,03	1,25	1,38	250	650

**Onde:** P.V – pressão da válvula e P.B – pressão da bomba

Os ensaios ou testes de uniformidade foram realizados em dias com diferentes condições climáticas, neste caso, sabendo que a irrigação por aspersão é muito influenciada pela ação do vento, e que vários trabalhos de pesquisa têm demonstrado que o aumento da velocidade do vento provoca diminuição da uniformidade de distribuição de água, como resultado da distorção do perfil de aplicação de água e da redução da área coberta pelo aspersor e, conseqüentemente, pela diminuição da sobreposição dos jatos de água.

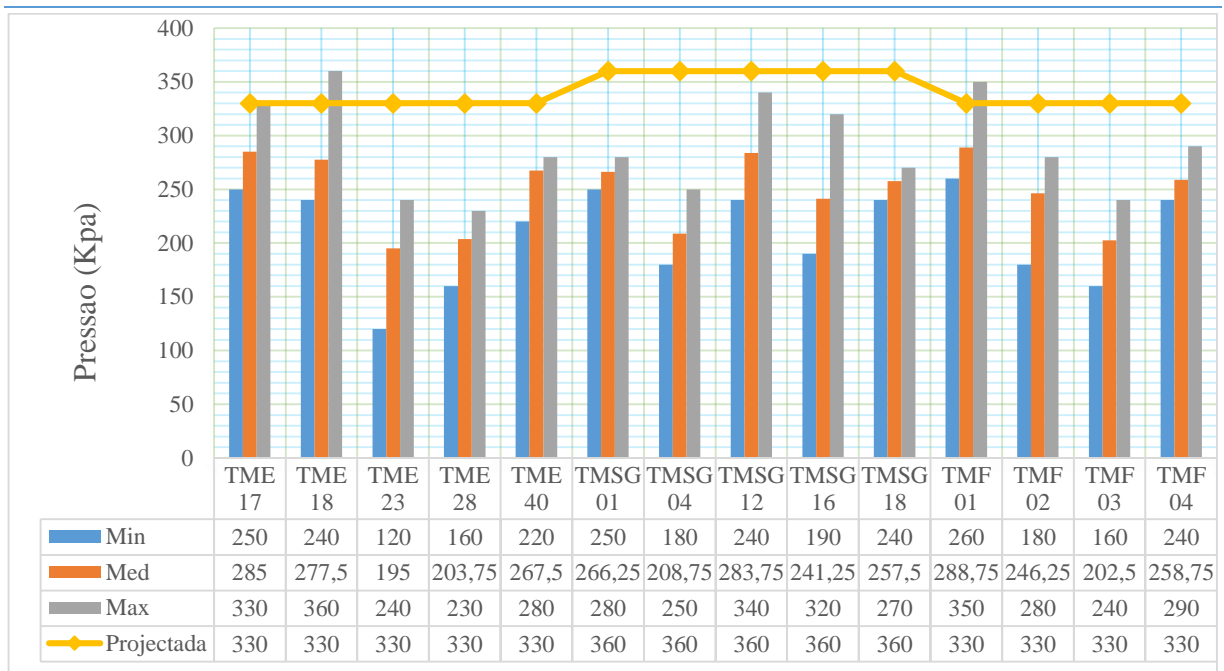
Na figura 9 verifica-se a grande variação da velocidade do vento em todos os campos, sendo os campos TMSG 01 e TMF 02 avaliados com maiores velocidades do vento, e o campo TMSG 18 avaliado com a menor velocidade do vento.



**Figura 9.** Velocidades do vento nos campos de estudo

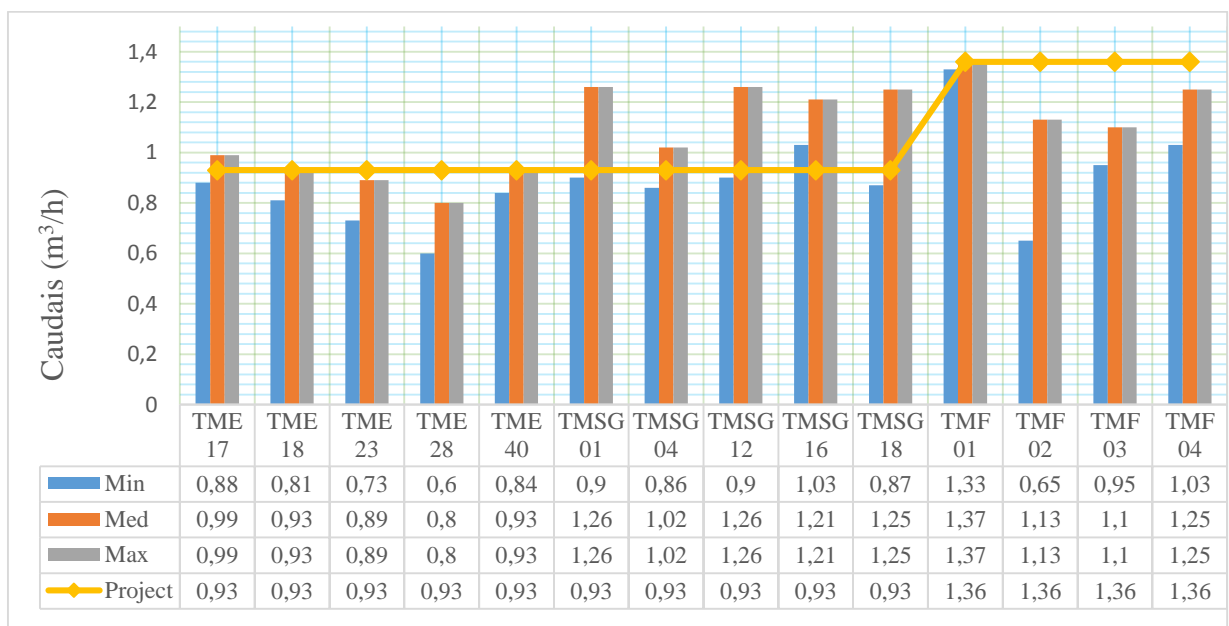
Na figura 10 os resultados mostram, dentro de cada área, uma variação significativa da pressão originado, conseqüentemente, débitos muito distintos. Esta situação, como se verá adiante tem reflexos importantes na uniformidade de distribuição de água de rega.

Avaliação do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional para cultura de cana-de-açúcar no sector Timanguene II – Açucareira de Xinavane, Distrito de Magude



**Figura 10.** Pressões do serviço dos aspersores nos campos de estudo

Quanto aos caudais dos aspersores em cada área, a figura 11 mostra uma certa variação do caudal em cada campo, tendo os caudais mínimos, médios e máximos. O maior caudal verifica-se no campo TMF 01 com uma variação muito menor entre os aspersores e o menor caudal verifica-se no campo TME 28, tendo também uma variação menor entre os aspersores avaliados. Na figura 11 estão ilustrados os valores dos caudais de operação dos aspersores registados em todos os campos avaliados.



**Figura 11.** Caudais dos aspersores nos campos de estudo



Na análise dos indicadores do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional alguns dados são relevantes para melhor percepção do funcionamento do sistema.

Atabela 16 indica os valores relacionados com o número de bombas a operarem, número de aspersores no campo, altura do tripé, comprimento da mangueira do hidrante, comprimento da mangueira de sucção e altura da cultura em todos campos avaliados. Estes parâmetros tem influenciados também de uma forma directa na uniformidade de aplicação de água no campo, na pressão de operação e contribuem também com as maiores perdas por arrastes do vento.

**Tabela 16.** Número de bombas a operarem, aspersores no campo, Altura do tripé, Comprimento da mangueira do hidrante, Sucção e altura da cultura em todos campos avaliados

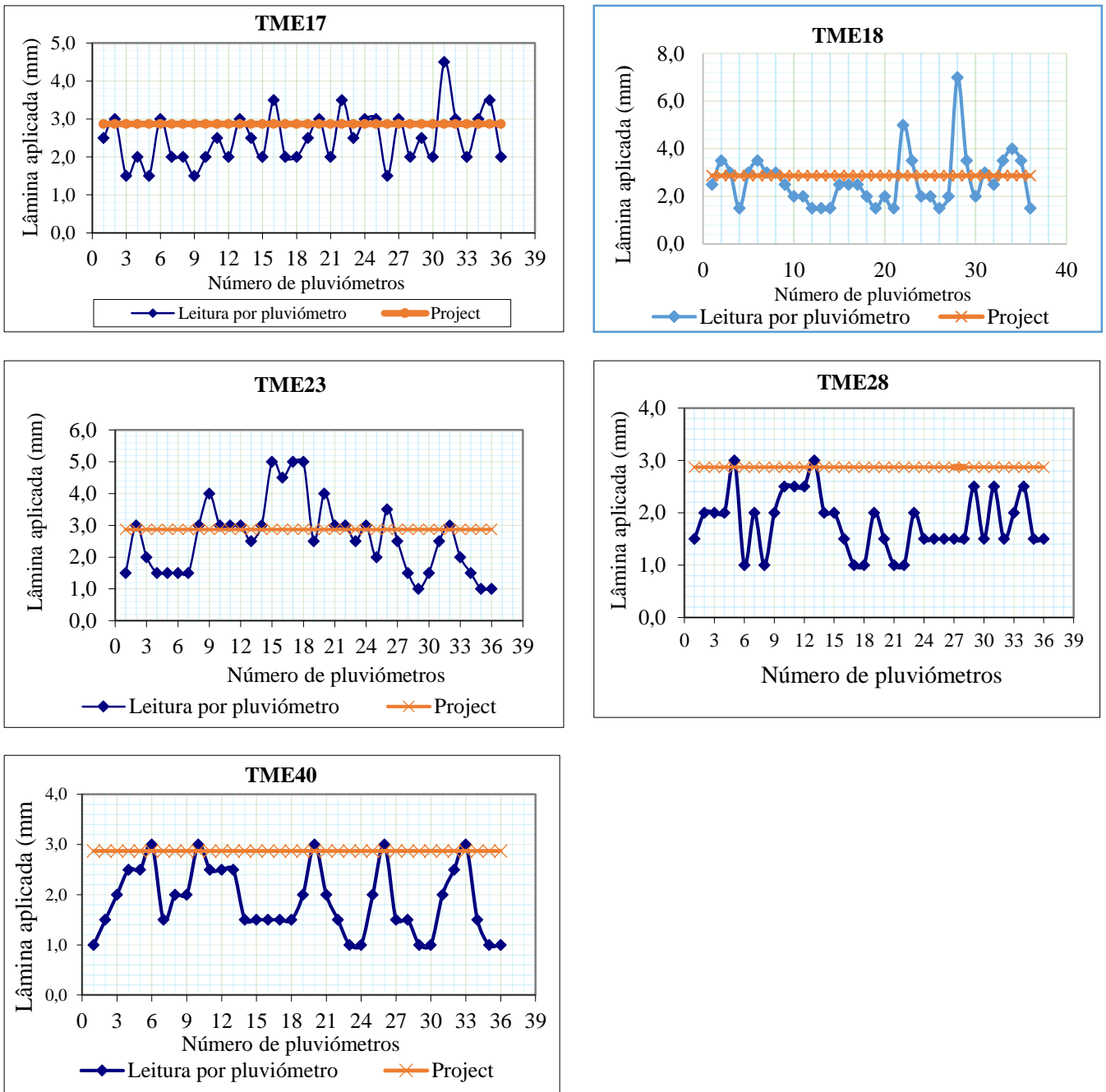
Nº de Campos	Parâmetros					
	N- de B a operarem.	N de Aspersores	A. Tripé (m)	M. Hidrante (m)	M. Sucção (m)	A. cultura (m)
TME17	2	76	3,8	0,3	1	0,5
TME18	2	74	3	0,3	1	0,45
TME23	2	64	3,8	0,5	1	0,45
TME28	2	62	3,8	0,5	1	0,45
TME40	2	38	3,8	0,4	1	0,45
TMSG01	2	29	3,8	0,65	1	0,5
TMSG04	2	34	4	0,5	1	0,5
TMSG12	2	32	4	0,7	1	0,45
TMSG16	2	33	3,8	0,8	1	0,3
TMSG18	2	44	4	0,5	1	0,4
TMF01	2	17	3,8	0,25	1	0,65
TMF02	2	24	3,8	0,2	1	0,6
TMF03	2	17	3,8	0,1	1	0,4
TMF04	2	24	3,8	0,3	1	0,55

**NB:**A variação do número de aspersores no campo depende muito mais da área total irrigada em cada campo, em todos campos operavam com duas bombas com pressões diferentes.

### Variação de lâminas de água aplicadas

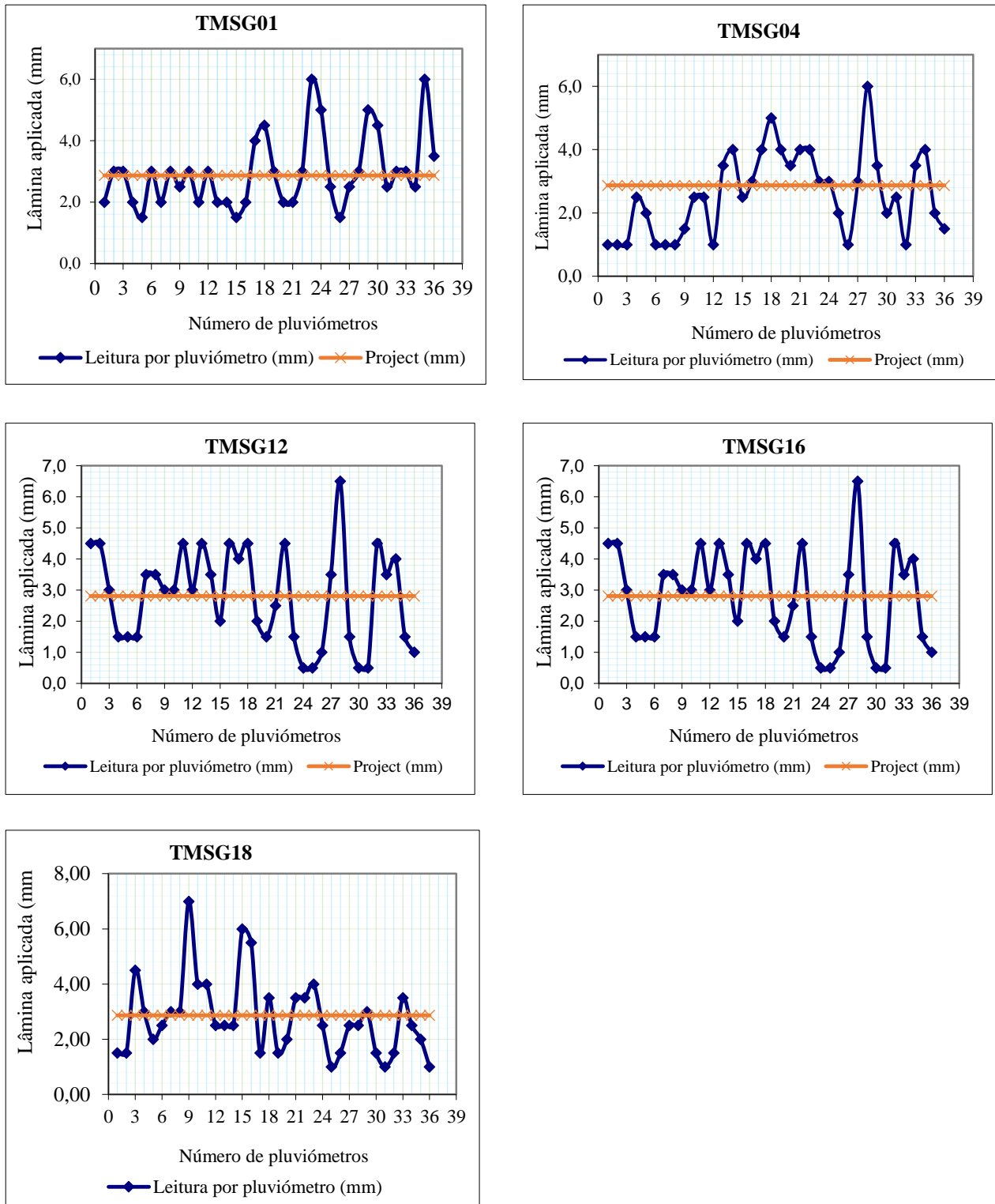
Os campos avaliados nos três blocos de estudo apresentaram um certa variação das lâminas aplicadas em cada colector, o que influenciou bastante nas uniformidades do sistemas

A figura 12 abaixo apresentada ilustra a variação das lâminas de água colectadas em cada pluviómetro nos campos do bloco TME.



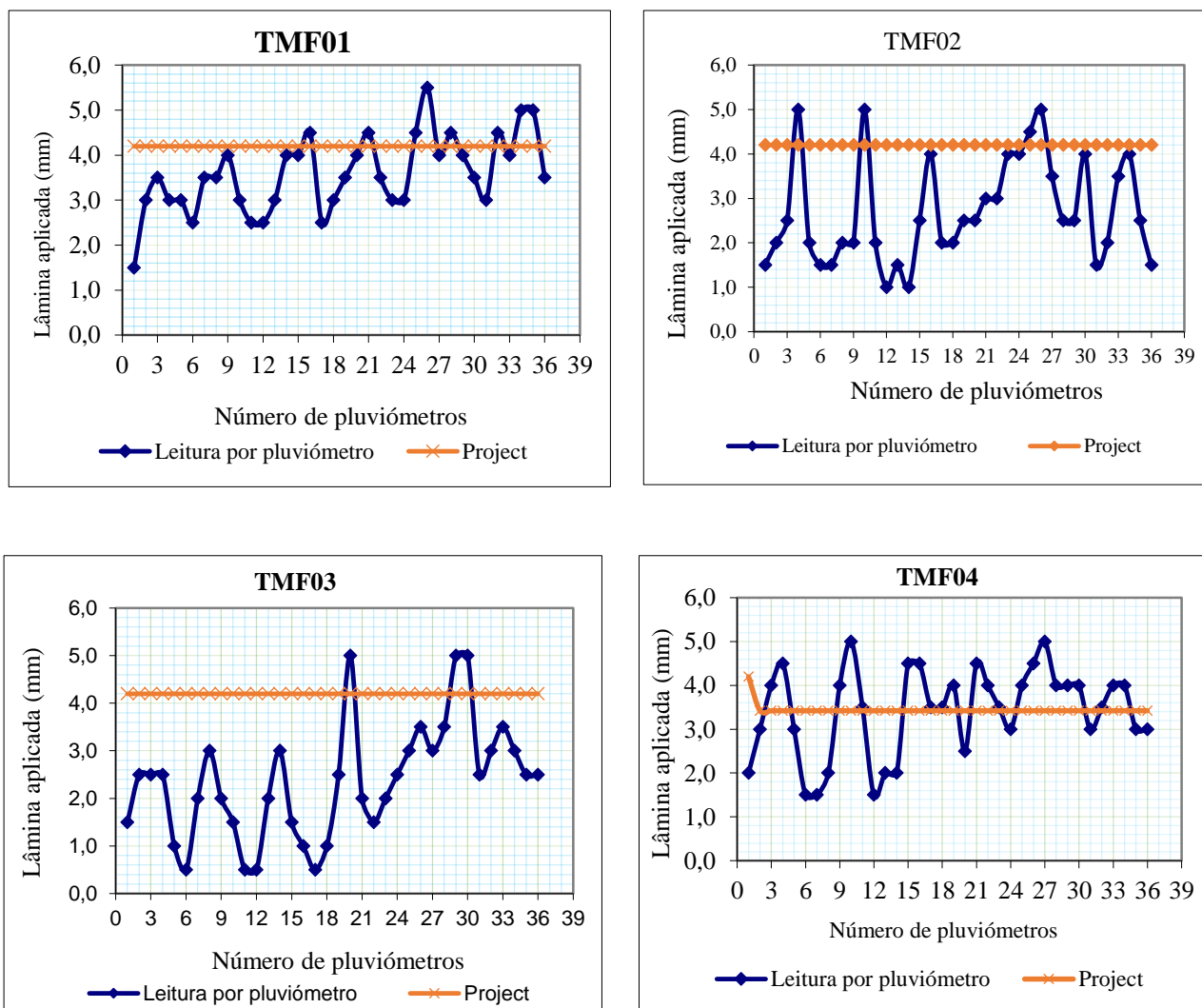
**Figura 12.** Variação de lâminas de água aplicadas em cada pluviómetro no bloco TME

A figura 13 abaixo apresentada ilustra a variação das lâminas de água colectadas em cada pluviómetro nos campos do bloco TMSG.



**Figura 13.** Variação de lâminas de água aplicadas em cada pluviómetro no bloco TMSG

A figura 4 apresenta gráficos da variação das lâminas de água colectadas em cada pluviómetro nos campos do bloco TME avaliados. Nota-se que em todos os campos há uma variação significativa das lâminas de água aplicadas, o que contribui de certa forma na baixa uniformidade de aplicação.



**Figura 14.** Variação de lâminas de água aplicadas em cada pluviómetro no bloco TME

#### 4.4. Indicadores do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional

Na tabela abaixo estão apresentados os valores relacionados com os principais indicadores do desempenho do sistema de rega em cada área de estudo. Relativamente ao coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) os campos TMSG 12 e TMSG 16 foram os que apresentaram os menores valores para esse indicador (49.4 e 52.7 % respectivamente), mas não sendo muito críticos e o resto dos campos mostram resultados satisfatórias.

Quanto ao Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), os campos TMSG 12, TMF03 e TMSG 04 foram os que apresentaram o menor valor para esse indicador (28.6, 37.9 e 38.5 % respectivamente) enquanto os outros campos são os que apresentam valores que se aproximam aos normais.

**Tabela 17.** Indicadores do desempenho para vários campos avaliados

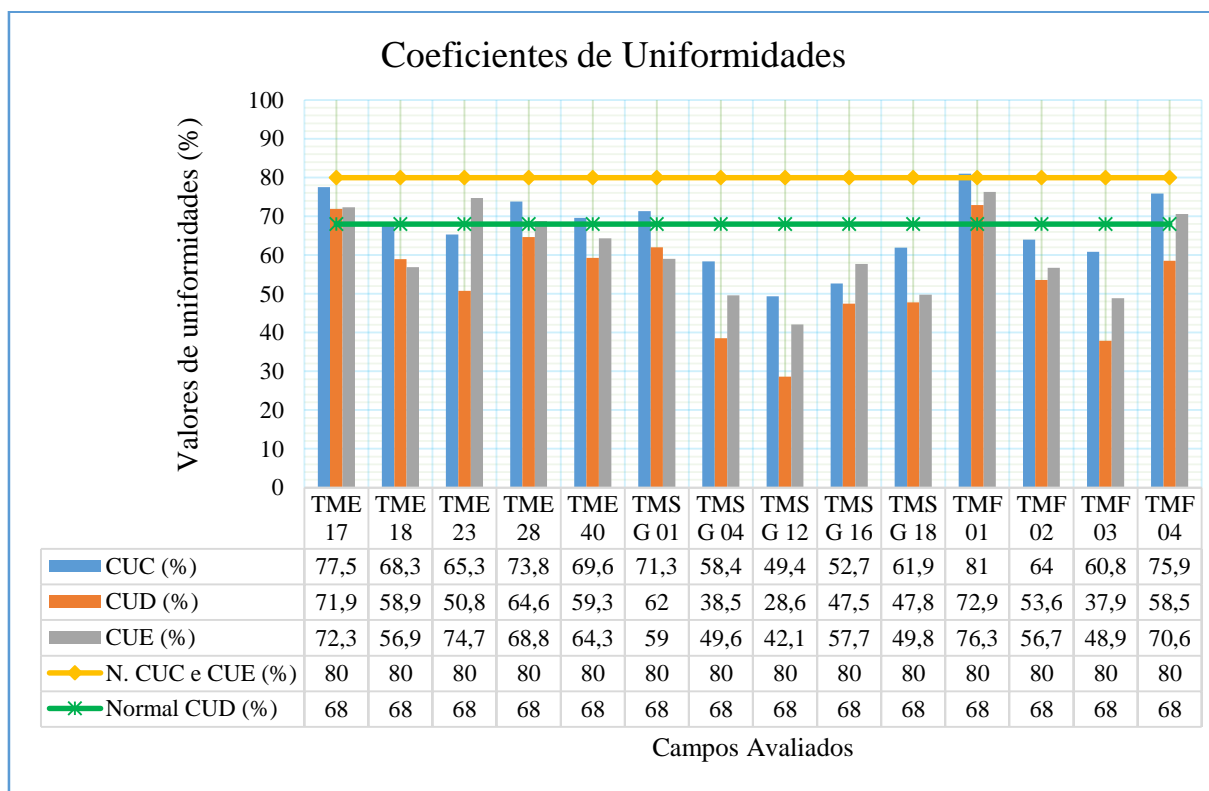
Número de Campos	Parâmetros								
	N de Colectores	Padrão (m x m)	CUC (%)	CUD (%)	CUE (%)	Ea (%)	Perdas (%)	Ia (mm/h)	Lapl (mm/dia)
TME17	36	18 X 18	77,5	71,9	72,3	82,3	17,7	3	7,4
TME18	36	18 X 18	68,3	58,9	56,9	93,4	6,6	2,8	7,9
TME23	36	18 X 18	65,3	50,8	74,7	98,5	1,5	2,7	7,9
TME28	36	18 X 18	73,8	64,6	68,8	76,3	23,7	2,4	5,4
TME40	36	18 X 18	69,6	59,3	64,3	66,4	33,6	2,8	5,6
TMSG01	36	18 X 18	71,3	62	59,0	77,2	22,8	3,8	5,9
TMSG04	36	18 X 18	58,4	38,5	49,6	84,2	15,9	3,1	5,2
TMSG12	36	18 X 18	49,4	28,6	42,1	76,3	23,7	3,8	5,8
TMSG16	36	18 X 18	52,7	47,5	57,7	75,9	24,1	3,7	5,6
TMSG18	36	18 X 18	61,9	47,8	49,8	73,8	26,2	3,8	5,6
TMF01	36	18 X 18	81	72,9	76,3	84,9	15,1	4,2	6,8
TMF02	36	18 X 18	64	53,6	56,7	83,7	16,3	3,2	4
TME17	36	18 X 18	77,5	71,9	72,3	82,3	17,7	3	7,4
TME18	36	18 X 18	68,3	58,9	56,9	93,4	6,6	2,8	7,9

A tabela 18 apresenta a classificação dos coeficientes de uniformidades segundo Mantovani (2001) como base na tabela nos dados da tabela 3.

**Tabela 18.** Valores do CUC, CUD, CUE e respectivas classificações dos coeficientes, dos sistemas de irrigação por aspersão convencional avaliados

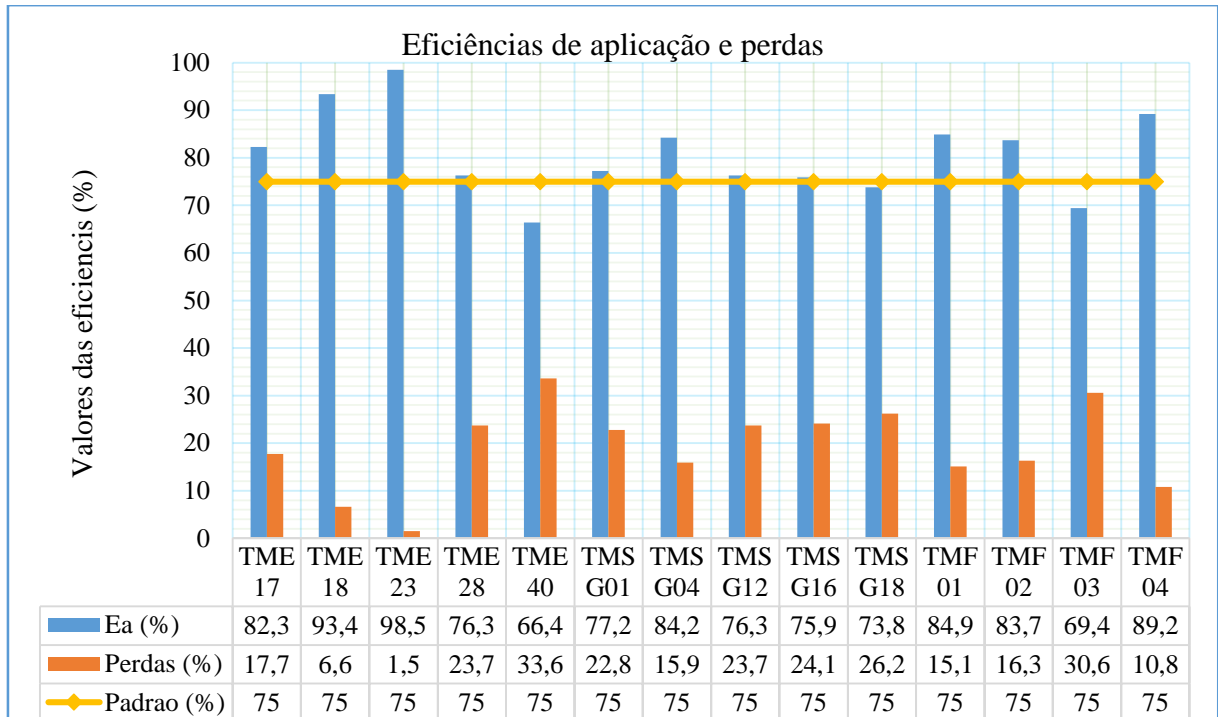
Número de Campos	Parâmetros					
	CUC (%)	Classificação	CUD (%)	Classificação	CUE (%)	Classificação
TME17	77,5	Razoável	71,9	Bom	72,3	Razoável
TME18	68,3	Mau	58,9	Razoável	56,9	Inaceitável
TME23	65,3	Mau	50,8	Mau	74,7	Razoável
TME28	73,8	Razoável	64,6	Razoável	68,8	Mau
TME40	69,6	Razoável	59,3	Razoável	64,3	Mau
TMSG01	71,3	Razoável	62	Razoável	59,0	Inaceitável
TMSG04	58,4	Inaceitável	38,5	Mau	49,6	Inaceitável
TMSG12	49,4	Inaceitável	28,6	Inaceitável	42,1	Inaceitável
TMSG16	52,7	Inaceitável	47,5	Mau	57,7	Inaceitável
TMSG18	61,9	Mau	47,8	Mau	49,8	Inaceitável
TMF01	81	Bom	72,9	Bom	76,3	Razoável
TMF02	64	Mau	53,6	Razoável	56,7	Inaceitável
TMF03	60,8	Mau	37,9	Mau	48,9	Inaceitável
TMF04	75,9	Razoável	58,5	Razoável	70,6	Razoável

A figura 15 mostra a variação dos Coeficientes de uniformidades e os seus respectivos valores normais ou recomendados nos campos de estudo.



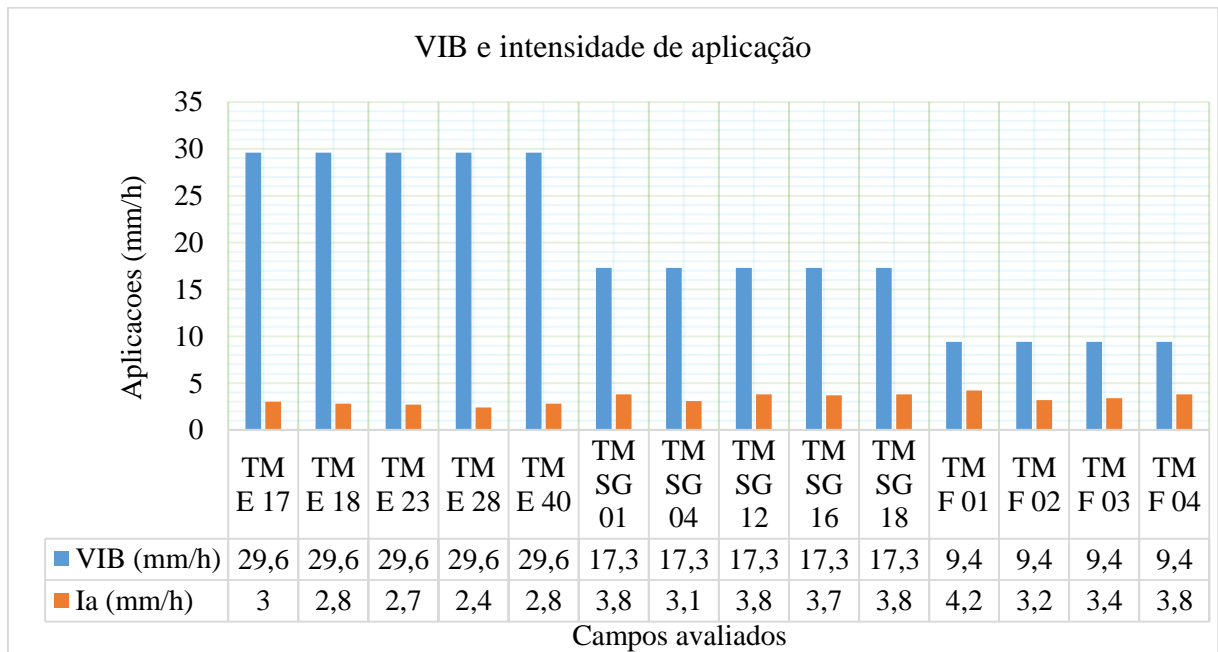
**Figura 15.** Coeficientes de uniformidades nos campos de estudo

Na figura 13 estão apresentados os dados das eficiências de aplicação de água em todos campos de estudo e as suas respectivas perdas durante a aplicação.



**Figura 16.** Eficiências de aplicação de água nos campos de estudo

A figura 14 mostra a comparação das velocidades de infiltração básicas (VIB) do solo e a intensidade média de aplicação dos aspersores em todos os campos de estudo.



**Figura 17.** Valores de velocidade de infiltração básica e intensidade de aplicação em todos campos de estudo

#### 4.5. Necessidades hídricas nos blocos de estudo

##### 4.5.1. Evapotranspiração de referência

A determinação da evapotranspiração potencial em mm/dia da cultura de cana-de-açúcar na região de Magude, fez-se no programa Cropwat, com a introdução de dados climáticos de Chókwe existentes no banco de dados do programa. Os resultados encontrados indicam que os meses de Dezembro e Janeiro são os que apresentam valores de evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) mais elevados com 5.50 e 5.34 mm/dia respectivamente. Os valores mais baixos verificam-se nos meses de Junho (2.27 mm/dia) e Julho (2.41 mm/dia). O valor médio anual é de 4.10 mm/dia.

Na tabela 19 estão representados os valores médios das variáveis climáticas para o distrito de Magude, no período 2000–2005, e evapotranspiração de referência calculada através da equação de Penman-Monteith com recurso ao modelo de simulação CropWat v.8.

**Tabela 19.** Variáveis climáticas e evapotranspiração de referência para distrito de Magude

Country	Location 80			Station	Magude			
Altitude	40	m.	Latitude	25.00	°S	Longitude	32.73	°E
Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ET <sub>0</sub>	
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m <sup>2</sup> /day	mm/day	
<b>January</b>	21.0	32.6	69	164	7.4	22.3	5.34	
<b>February</b>	20.6	32.3	69	164	7.1	21.0	5.07	
<b>March</b>	19.5	31.4	73	138	7.3	19.4	4.36	
<b>April</b>	17.8	30.2	70	121	7.0	16.3	3.58	
<b>May</b>	14.2	28.2	69	147	7.5	14.3	3.07	
<b>June</b>	11.6	26.2	70	104	6.9	12.4	2.27	
<b>July</b>	11.2	26.2	68	112	6.9	13.0	2.41	
<b>August</b>	12.6	27.9	67	147	7.0	15.2	3.19	
<b>September</b>	15.1	29.6	65	181	7.3	18.3	4.23	
<b>October</b>	17.2	31.1	64	199	7.0	20.1	4.99	
<b>November</b>	19.0	31.9	63	181	6.4	20.6	5.21	
<b>December</b>	19.6	32.8	65	181	7.0	21.8	5.50	
<b>Average</b>	<b>16.6</b>	<b>30.0</b>	<b>68</b>	<b>153</b>	<b>7.1</b>	<b>17.9</b>	<b>4.10</b>	



#### 4.5.2. Necessidade de Água de Rega (NAR)

Com a diferença entre a evapotranspiração potencial da cultura (ET<sub>c</sub>; mm) e a precipitação efectiva (P<sub>ef</sub>; mm) obteve-se a necessidade de Rega da cultura de cana-de-açúcar (NAR, mm), suprindo assim, suas necessidades hídricas.

A determinação da evapotranspiração potencial (ET<sub>c</sub>) em mm/dia da cultura de cana-de-açúcar fez-se também no programa Cropwat, com a introdução de dados do solo do local de estudo e usando os dados climáticos de Magude existentes no banco de dados do programa, tendo o Etc pico no mês de Dezembro como valor de 6.87 mm/dia. O NAR foi obtido tendo em conta os dados de precipitação da região e obteve-se o valor de 5,63 mm/dia, registado no mês de outubro.

#### Dotações líquidas necessárias

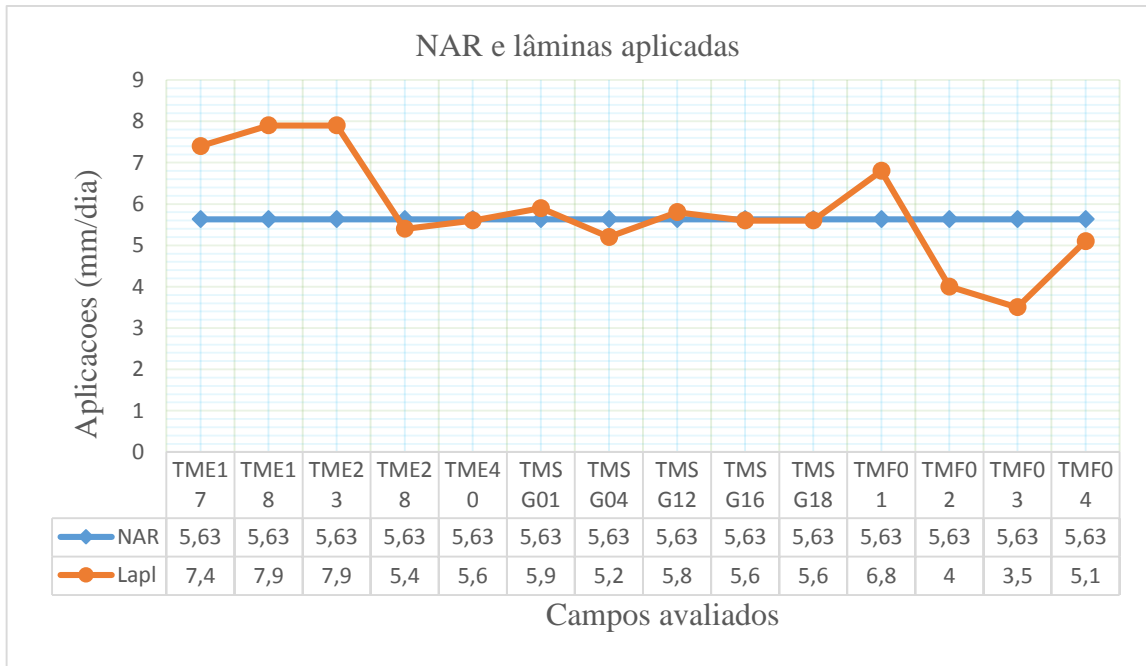
Para determinar as dotações líquidas necessárias em cada bloco, recorreu-se aos dados tabelados da FAO, de capacidade de campo, ponto de murcha permanente, tendo-se obtido os valores de água disponível de 120, 170 e 190 mm/m, respectivamente nos blocos TME, TMSG e TMF. Os intervalos de rega determinados foram de 9 dias para TME, 13 dias para TMSG e 15 dias para TMF, com as dotações de 51, 73 e 84 mm respectivamente nos blocos TME, TMSG e TMF. Adequando-se para a condições reais do campo, ajustou-se os intervalos de rega, baseando-se nos intervalos usados na empresa, ficando com 4 dias para TME, 6 dias para TMSG e 8 dias para TMF, tendo-se obtido as dotações de 22,52 mm para TME, 33,78 mm para TMSG e 45 mm para TMF. Conforma mostra a tabela 20.

**Tabela 20.** Valores das dotações líquidas para os 3 blocos de estudo.

Parametros	TME	TMSG	TMF
AD (mm/m)	120	170	190
P = 50%	0,5	0,5	0,5
Z (m)	0,9	0,9	0,9
NAR mm/dia)	5,63	5,63	5,63
Dnet (mm)	51	73	84
If (dias)	9	13	15
If Empresa (dias)	4	6	8
IRN /Dnet ajustada (mm)	22,52	33,78	45,04

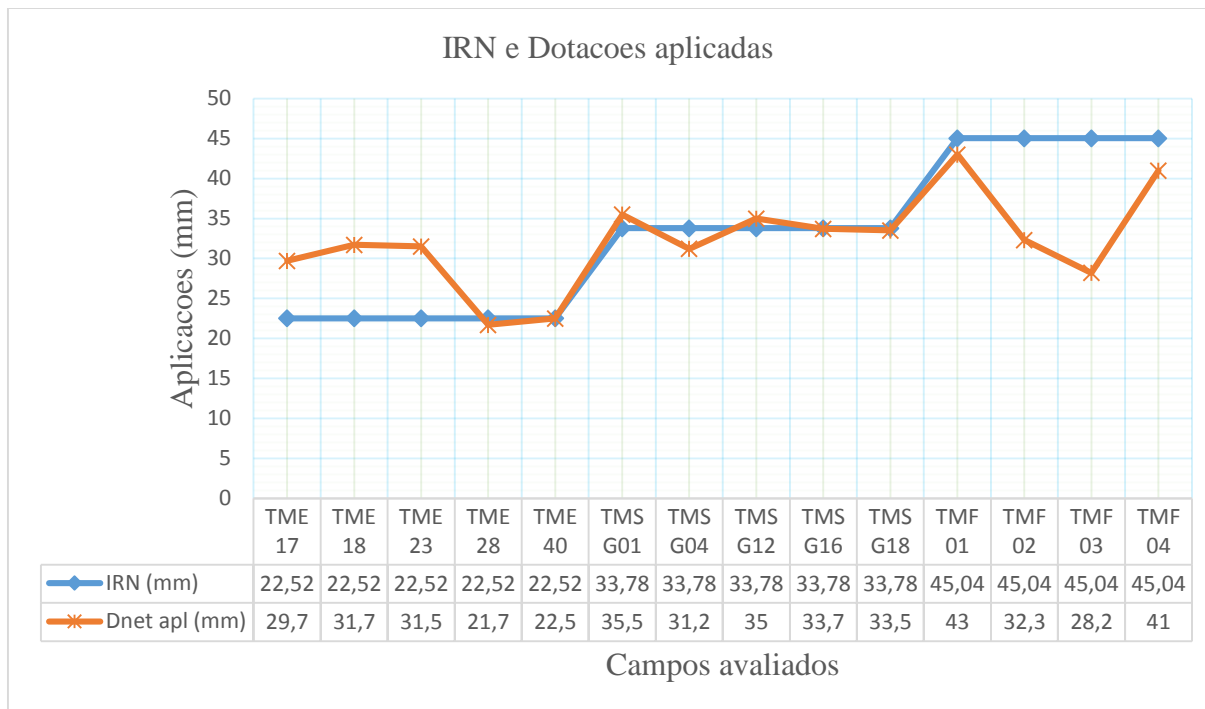
Onde: AD – água disponível, p – factor de depleção, z – profundidade radicular, Dnet - dotação líquida, If – intervalo de rega, IRN – irrigação real necessária.

A figura 15 mostra a comparação das NAR e as lâminas de água aplicadas em todos os campos de estudo em mm/dia.



**Figura 18.** Valores de NAR e lâminas aplicadas em todos campos de estudo

A figura 16 mostra a comparação das INR e as dotações aplicadas em todos os campos de estudo em mm, para suprir as necessidades da cultura em todo o intervalo de rega.



**Figura 19.** Valores de INR e dotações aplicadas em todos campos de estudo

## V. DISCUSSÃO

No que diz respeito a infiltração do solo, uma vez que a taxa de infiltração é afectada pelo conteúdo inicial de humidade, condições da superfície do solo, condutividade hidráulica saturada, distribuição de tamanho e volume de poros e a presença de horizontes estratificados, os resultados obtidos a partir dos testes de campo são dependentes do método utilizado para sua determinação. Assim, constata-se que no início a velocidade de infiltração apresenta um valor máximo (a humidade do solo é menor) e vai decrescendo com o tempo à medida que a humidade do solo aumenta, até atingir um valor que se mantém constante e coincide com a permeabilidade do solo no sentido vertical, denominando-se taxa de infiltração básica.

Quanto aos resultados da infiltração do solo observa-se que a velocidade de infiltração básica (VIB) possui valores de 2.96, 1.73 e 0.94 cm/h, respectivamente nos blocos TME, TMSG e TMF. Com base na tabela 4, segundo Bernardo (2002), pode-se admitir que está-se perante solos com capacidades de infiltração altas, e média.

Segundo a classificação de FAO SAFR (2001) apresentada na tabela 2 os solos encontram-se nas classes texturais de franco-arenoso referente ao bloco TMF com o valor médio da VIB de 2,96 cm/h, franco-siltoso para o bloco TMSG com 1,73 cm/h e franco-argiloso para o bloco TMF com 0,94 cm/h.

Na figura 17 estão apresentados os valores de Velocidade de infiltração básica (VIB) do solo e intensidades médias de aplicação de água pelo aspersor em cada campo estudo. Segundo a FAO, (2001), a seleção correcto do aspersor depende de como o melhor espaçamento de encaixe com um certo tamanho de pressão e o bocal pode fornecer a água a uma taxa de aplicação que não cause escoamento superficial e nem danifique a cultura e na melhor uniformidade possível sob as condições de vento predominantes. Deve ser salientado que, para evitar o escoamento superficial no campo, a taxa ou intensidade de aplicação do aspersor não deve exceder a taxa de básica de infiltração do solo, (FAO SAFR, 2001).

Com o estudo feito, os resultados mostram que em todos os campos a intensidade média do aspersor é inferior a velocidade básica de infiltração do solo das áreas irrigadas, com isso, tudo indica que não há riscos de ocorrência de escoamento superficial durante a realização das irrigações. Dessa maneira, os aspersores seleccionados estão adequados para as condições física-hídricas do solo no local de estudo, obedecendo as recomendações da literatura.

Nos três blocos de estudo nota-se que a baixa intensidade de aplicação registou-se no TME 28 com um valor de 2.4 mm/h, no mesmo bloco registou-se a máxima velocidade de infiltração básica, havendo uma diferença muito significativa entre VIB e intensidade de aplicação do aspersor. A intensidade aplicação máxima em todos os campos registou-se no TMF 01 com uma valor de 4.2 mm/h e mesmo bloco registou-se a mínima velocidade de infiltração básica do solo.

No que diz respeito aos dados do projecto dos sistemas nas áreas de estudo, nota-se que as intensidades de aplicação para os três blocos são de 2.87, 2.87 e 4.20 mm/h respectivamente nos blocos TME, TMSG e TMF. Sendo assim, pode-se admitir que dos resultados obtidos no estudo feito para TME o campo TME28 apresenta valor abaixo do projectado, com 2.4 mm/h, o campo TME17 apresenta o valor elevado com 3mm/h e os restantes campos apresentam valores iguais aos do projecto e aproximados. Para o TMSG nota-se que todos os campos apresentam valores elevados com um valor médio de 3.64 mm/h e para o bloco TMF o campo TMF01 é que apresenta um valor igual ao do projecto, e o resto dos campos avaliados apresentam valores baixos comparando com os do projecto. Sendo assim, pode-se admitir que não existe uma diferença muito significativa quanto aos dados dos projectos e os encontrados no campo.

Os valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), do Coeficiente de Uniformidade Estatística (CUE) e as respectivas classificações dos valores dos coeficientes de uniformidade em todos campos avaliados estão apresentados na Tabela 18. Observando os valores de CUC para o sistema de irrigação em todos os campos de estudo, nota-se que os campos avaliados apresentam valores inferiores a 90%, o que não é recomendado para culturas com alto valor comercial segundo BERNARDO et al, (2006).

De todos os campos avaliados apenas o TMF01, 7% do total apresenta valor de CUC entre 80 a 90%, o que é classificado como bom, 5 campos (TME17, TME28, TME40, TMSG01 e TMF04), 36% do total, apresentaram valores inferiores a 80%, classificado como razoável, 5 campos (TME18, TME23, TMSG18, TMF02 e TMF03) 36% do total apresentaram valores inferiores a 70%, classificado como mau e os restantes 3 campos (TMSG 04, TMSG12 e TMSG18) 21% do total apresentaram valores inferiores a 60% classificados como inaceitável. Segundo KOEGELENBERG et al., (2003) considera valor normal aceitável de CUC igual ou superior a 80%. Portanto, os campos avaliados apresentam resultados de uniformidade para o

Coefficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) considerados inadequados para as culturas agrícolas.

De acordo com os resultados ilustrados na figura 15, nota-se que dos campos avaliados, 93% do total, apresentaram valores de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) abaixo do normal, ou do valor padrão recomendado por KOEGELENBERG et al., (2003).

Analisando os valores de CUD, verifica-se que 86% dos campos avaliados apresentaram valores de coeficiente de uniformidade de distribuição de água abaixo do valor recomendado para sistemas de irrigação por aspersão convencional, que de acordo com a classificação apresentada por Mantovani (2001) é de 68%, o que induz maior consumo de água, de energia e menor rendimento das culturas. Os campos TME17 e TMF01 apresentaram resultados de CUD satisfatórios, ou que se encontram no intervalo recomendado.

Com relação aos valores do Coeficiente de Uniformidade Estatística (CUE) obtidos, nota-se que nenhum dos campos avaliados apresenta valores considerados bons para sistemas de irrigação por aspersão convencional, tendo-se encontrado 29% dos campos avaliados com classificação razoável, 14% com classificação mau e os restantes 57% com classificação inaceitável.

No que se refere aos valores da pressão do serviço dos aspersores avaliados, os resultados ilustrados na figura 10 mostram, dentro de cada campo uma variação significativa da pressão originando, conseqüentemente, débitos muito distintos. Esta situação tem de certa forma reflexos importantes na uniformidade de distribuição de água de rega.

Segundo (Christiansen, 1942; Arruda, 1981; Charmelo, 1990, citados por AZAVEDO et al 200), a uniformidade de distribuição de água é afetada pela pressão de operação do aspersor e existe uma pressão ideal para cada aspersor, a fim de garantir um raio de alcance e pulverização do jacto adequados, como pode-se verificar na figura 10 que os campos TME23 e TME28 registaram pressões baixas e tendo registados valores classificados como mau e razoável de CUC, razoáveis de CUD e valores classificados como razoável e mau de CUE.

Quanto aos dados dos projectos, nota-se que para o TME a pressão do serviço do aspersores projectado é de 330kpa, para o TMSG é de 360kpa e para TMF é de 330 Kpa. Contudo, 79% dos campos avaliados operam com uma pressão abaixo do recomendado ou do projecto.

Com base na figura 10, pode-se admitir que a maior pressão em todos os campos avaliados registou-se no TME18 com 360 kpa e a menor do campo TME23 com 120kpa. Segundo o MELLO e SILVA (2009), a pressão de serviço do aspersor exerce grande influência na sua operação, uma vez que a vazão emitida é dependente do diâmetro dos bocais e da pressão de serviço, sendo assim, pressões acima como abaixo do limite recomendado provocam uma distribuição irregular de água e, conseqüentemente, baixa uniformidade de aplicação.

Segundo MELLO e SILVA (2009), Os ventos influenciam diretamente na uniformidade de aplicação uma vez que provocam a mudança na direção do jacto de água, quanto maior a velocidade do vento e menor o diâmetro de gotas maior a interferência e menor a uniformidade de aplicação. Assim seja, observando a figura 9, nota-se que a maior velocidade do vento foi registada no TMSG01 com 19 km/h e a menor no TMSG16 com 3 km/h.

Com base na figura 15, pode-se admitir que no campo que se registou maior velocidade do vento, os valores dos coeficientes de uniformidades são de 71.3%, 62% e 59%, classificados como razoável, Razoável e inaceitável respectivamente CUC, CUD e CUE. O campo TMSG16 avaliado co menor velocidade do vento, registou valores dos coeficientes de uniformidades de 52.7%, 47.5% e 57.5%, classificados como inaceitável, mau e inaceitável, respectivamente CUC, CUD e CUE.

Verificando a figura 15, nota-se que os mais valores de indicadores foram registados no campo TMF01, com o solo classificado com franco-rgiloso e os baixos valores de coeficientes no TMSG 12 com o solo classificado como franco-siltoso.

Segundo a proposta do Mantovani (2001), os valor normais são de 80% para CUC e CUE e de 68% para CUD. Sendo assim, para os resultados apresentados na fugura 15, nota-se que apenas o TMF01 conseguiu atingir o valor normal de CUC com 81% e os restantes estando abaixo do valor padrão. Para CUE todos os campos registaram valores abaixos do normal e para CUD apenas os campos TME17 e TMF01 atingiram o valor padrão com 71,9% e 72,9% respectivamente.

Na figura 16 estão apresentados os resultados de eficiência de aplicação (Ea) e as respectivas perdas, referentes ao desempenho atual dos campos de irrigação por aspersão convencional avaliados. Segundo a FAO (1989), o valor normal do sistema de irrigação por aspersão é de 75%.

Baseando na classificação de MANTOVANI e RAMOS (1994) citados por SILVA, et al, (2012) a eficiência de aplicação em sistemas de rega por aspersão convencional dependendo das condições locais, varia de 70 a 90%.

Os resultados encontrados no estudo indicam que 14% dos campos avaliados apresentam valores a baixos dos recomendados, 72% dos campos totais avaliados apresentaram valores que se encontram no intervalo recomendado e os restantes 14% apresentam valores superiores.

O maior valor de Ea registou-se no campo TME23 com 98,5% e perdas insignificativas de 1,5% e o menor valor no TME40 com 66,4% e perdas de 33,6%. Pode-se admitir que os sistemas avaliados apresentaram boas eficiências de aplicação e consequentemente poucas perdas de água por arraste do vento.

Por outro lado, analisando a figura 18, nota-se que há uma variação de lâminas aplicadas diárias. Nos blocos de estudo 57% dos campos avaliados apresentaram lâminas aplicadas iguais ou aproximadas as necessidades de rega, 29% apresentaram aplicações elevadas e 14% apresentaram lâminas abaixo das necessidades de rega.

No Bloco TME as lâminas aplicadas variam de 5,4 a 7,9 mm/dia, no bloco TMSG variam de 5,2 a 5,9 mm/dia e no bloco TMF variam de 3,5 a 6,8 mm/dia, com NAR de 5,63 mm/dia. Podendo se admitir que o sistema consegue suprir as necessidades hídricas da cultura.

Verificando a figura 19, pode-se admitir que dos três blocos de estudo, o TMSG é que apresenta as dotações iguais ou aproximadas as irrigações reais necessárias em todos os campos com dotações que variam de 31,2 a 35,5 mm, tendo obtido IRN de 33,78 e 6 dias de intervalo de rega. No TME obteve-se dotações que variam de 21,7 a 31,7mm, com IRN de 22,52mm e com 4 dias de intervalo de rega, apresentando três campos com aplicação excessiva. TMF os resultados mostram que as dotações variam de 28,2 a 43mm, com IRN de 45,04mm e 8 dias de intervalo de rega, apresentando dois campos com défice, comparado a irrigação real necessária.

## **VI. CONCLUSÕES**

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram constatar que na generalidade dos três blocos (TME, TMSG e TMF) de Timanguene 2 irrigados com sistema de rega por aspersão convencional, apresentam velocidade de infiltração básica e texturas de solo com características diferentes uma das outras, isto é, bloco TME solo de textura franco-arenoso, bloco TMSG com franco-limoso e TMF com franco-argiloso. A uniformidade de distribuição de água é muito baixa limitando desta forma o crescimento uniforme da cultura. A deficiente uniformidade de distribuição deve-se à elevada variação da pressão de funcionamento dos aspersores em cada campo nos sistemas avaliados.

A distribuição da água de irrigação nas áreas em estudo encontra-se muito comprometida, uma vez que todos os coeficientes de uniformidade avaliados apresentaram valores bastante reduzidos quando comparados aos recomendados pela literatura. Visto que de todos os campos avaliados apenas 7% do total apresenta valor de CUC entre 80 a 90%, o que é classificado como bom. Analisando os valores de CUD, verifica-se que 86% dos campos avaliados apresentaram valores de coeficiente de uniformidade de distribuição de água abaixo do valor recomendado e em relação aos valores do Coeficiente de Uniformidade Estatística (CUE) obtidos, nota-se nenhum dos campos avaliados apresenta valores considerados bons para sistemas de irrigação por aspersão convencional. Assim, em virtude dessa má distribuição, o desempenho do sistema de irrigação em muito campos avaliados encontra-se inaceitável para o tipo de sistema, havendo necessidades do melhoramento.

Nos três blocos de estudo nota-se que intensidade de aplicação de água foi menor que a velocidade de infiltração básica (VIB) do solo, havendo de certa forma uma diferença significativa, indicando o menor risco de ocorrência de escoamento superficial no campo durante as actividades de rega.

Os sistemas avaliados apresentaram boas eficiências de aplicação e conseqüentemente poucas perdas de água por arraste do vento. Indicando que 14% dos campos avaliados apresentam valores a baixos dos recomendados, 72% dos campos totais avaliados apresentaram valores que se encontram no intervalo recomendado e os restantes 14% apresentam valores superiores.

Os sistemas avaliados, apresentam uma variação das lâminas de água aplicadas em todos os blocos, com aplicação ideal, excessiva e com défice.



## VII. RECOMENDAÇÕES

Para melhorar o desempenho de sistema de irrigação por aspersão convencional, tomando em consideração os dados obtidos nas medições de campo dos três blocos do Timanguene 2, pertencentes a Açucareira de Xinavane, seguem-se as seguintes recomendações:

### i) **A Empresa Tongaat Hulett (AdX):**

- ✓ Adotar o procedimento recomendado na operação do sistema de irrigação por aspersão convencional. É necessária uma atenção especial na pressão de funcionamento do sistema, a fim de manter uma boa uniformidade de aplicação, contribuindo no crescimento uniforme de cana-de-açúcar e melhorar os rendimentos;
- ✓ Recomenda-se a adopção de espaçamentos correctos em sistemas dos blocos avaliados (TME, TMSG e TMF), tendo em conta as condições climáticas da região de Timanguene (vento), a fim de otimizar a sobreposição de jactos, para maximizar a uniformidade e adequar a taxa de aplicação;
- ✓ Recomenda-se o uso de bicos ou bocais dos aspersores uniformes, apropriados para a pressão disponível, em todos os campos, com vista a minimizar as irregularidades de aplicação de água, maximizando deste modo a uniformidade de rega, usando bocais de 3.5 mm para TME e TMF e 3.6 mm para TMSG;
- ✓ Uso de reguladores de pressão em terrenos declivosos, a fim de minimização das variações de caudal entre aspersores operando em simultâneo no campo irrigado.
- ✓ Prática de actividade de rega nos períodos menos ventosos, objectivando a minimização das perdas por evaporação e arraste pelo vento.
- ✓ Dar prioridade à manutenção e adoptar condução da rega compatível com as características do sistema, contribuindo numa boa gestão dos sistemas de rega, visando bons desempenhos.
- ✓ Para uma boa gestão ou para criar condições de adoptar rega de precisão recomenda-se que se faça avaliação dos sistemas em operação no início de cada campanha de produção, garantindo um bom funcionamento do sistema;
- ✓ Tendo-se registado uma variação de lâminas aplicadas no campo, em relação às necessidades de água de rega, recomenda-se o ajuste do tempo de rega por posição, com vista a reduzir a aplicação excessiva e com défice de água de rega;
- ✓ Reparação das fugas nos hidrantes, a fim de reduzir perdas de grandes volumes de água nos campos irrigados;

- ✓ Para uma operação adequada do sistema de rega a nível da empresa, recomenda-se a formação ou treinamento de gestores de rega, supervisores da área e secção sobre os procedimentos de operação do sistema de irrigação recomendado para garantir o funcionamento adequado e aplicação de água ideal.
- ii) Aos investigadores ou instituições de investigação**
- ✓ Recomenda-se a comunidade académica a encarar o estudo, não como conclusivo, mas sim um ponto de partida para a reflexão sobre a situação actual do desempenho dos sistemas de irrigação. Pois o mesmo constitui um ponto de partida para a realização de mais estudos do género em outras épocas, do ano, outros locais ao longo da companhia, com objectivo de proporcionar um melhoramento técnico e gerar mais conhecimento científico mais aprofundado.

## VIII. LISTA BIBLIOGRÁFICA

- ✓ Albuquerque, P. E. P. (1997), Evapotranspiração, balanços de energia e da água no solo e índices de estresse hídrico da cultura, em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), submetido a diferentes frequências de irrigação. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 147 p.
- ✓ AGRICANE, Manual de irrigação de cana-de-açúcar, propriedade de Xinavane, Tongaat Hulett.
- ✓ Azavedo, H.J; Bernardo, S.; Ramos, M.M., Sediya, G.C.; Cecon, P.R. (2000) *influência de fatores climáticos e operacionais sobre a uniformidade de distribuição de água, em um sistema de irrigação por aspersão de alta pressão*, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB, v.4, n.2, p.152-158
- ✓ Arruda, N.T (1981), *Análise de uniformidade de distribuição da água no sistema de irrigação por aspersão em linha*. Viçosa: UFV, 80p. Dissertação Mestrado.
- ✓ Bernardo, S. (1995); *Manual de irrigação*; Viçosa: Imprensa Universitária; Brasil.
- ✓ Bernardo S. (2002). *Manual de irrigação*. 6ª Edição Revisitada e ampliada. Editora UVF;
- ✓ Bernardo, S.; Soares, A.A.; Mantovani, E.C. (2006) *Manual de Irrigação*. 8 ed. Viçosa, MG: UFV. 625 • p.
- ✓ Bernardo, S.; Soares, A. A.; Mantovani, E. C. (2008), *Manual de irrigação*. 8ª ed. Viçosa: editora UFV, 625 p.
- ✓ Bernardo S. (1998), *manejo da irrigação na cana- de- açúcar*. IN: Manuel Alves Faria (ed.), *Manejo de Irrigação*. Lavras - MG. UFLA/ SBEA, p. 117 – 132.
- ✓ Biscaro, G.A (2009), *Sistemas de irrigação por aspersão*, Editora UFGD, 134p
- ✓ Castro, Nilza (2003), *apostila de irrigação (IPH 02 207)*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas.
- ✓ Charmelo, L.C.L. (1990) *Desempenho de um equipamento de irrigação autopropelido, sob diferentes condições operacionais*. Viçosa, MG: UFV, 50p. Dissertação Mestrado
- ✓ Christiansen, J.E. (1942) *Irrigation by sprinkling*. Berkely: University of California, Experiment Station, 124p, Bulletin, 670.
- ✓ Clarke, D., Martin S., El-Askari, K., 1998. *CropWat for Windows: User Guide*. University of Southampton
- ✓ FAO SAFR (2001), *Planning, Development Monitoring and Evaluation of Irrigated Agriculture with Farmer Participation*, Irrigation Manual, Volume III, Module 8.

- ✓ FAO (2002), *FAO programme in Mozambique 2002-2006*; Discussion paper. Second draft.
- ✓ Faria, L. C. et al (2009), Simulação da uniformidade da irrigação de sistemas convencionais de aspersão operando sob diferentes condições do vento. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.29, n.1, p. 19-27.
- ✓ Ferreira, G.J.S (2011), *Estimativa das necessidades de rega de espaços verdes da cidade de Mirandela*, Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Agroecologia, Bragança
- ✓ Frizzone, 1993. 183p J.A. Irrigação por superfície. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Engenharia;
- ✓ FUSER, Hobwan (2013), *estudo da velocidade de infiltração básica (VIB) no solo da bacia do rio mourão*, trabalho de conclusão de curso N° 24, Universidade Tecnológica Federal Do Paraná
- ✓ Gomide, R.L; Bernardo S.; Vieira M.; Sedyama G.C. (1980) *Modelo matemático para determinar a uniformidade de distribuição da água no sistema de irrigação por aspersão*. Revista Ceres, Viçosa, MG, v.27, n.153, p.471-485.
- ✓ Gouvêa, J.R.F, (2008), *Mudanças climáticas e a expectativa de seus impactos na cultura da cana-de-açúcar na região de Piracicaba – SP*, Dissertação de Mestre em Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 98 p.
- ✓ Junior, R. A. F (2003), *crescimento, eficiência no uso da radiação e energia de biomassa em cana-de-açúcar irrigada*, tese para obtenção do título de Doutor em Agronomia, UNESP, Faculdade de ciências agronômicas
- ✓ Koegelenberg, F.H.; Breedt, H.T.,(2003), *Irrigation systems evaluation manual*, ARC-Institute for Agricultural Engineering (ARC-IAE), ISBN 1-919849-17-3.
- ✓ Luna, N. R. S; Andrade, E. M.; Crisóstomo, L. A. Meireles, A. C. M.; Aquino, D. N (2013). Dinâmica do nitrato e cloreto no solo e a qualidade das águas subterrâneas do distrito de irrigação Baixo Acaraú, CE. Revista Agro@mbiente Online, v.7, n.1, p.53-62,
- ✓ Mantovani, E. C. (2001) *Avalia: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada*. Viçosa, MG: UFV.
- ✓ Mantovani, E. C.; Bernardo, S.; Palaretti, L. F. (2009), *Irrigação, princípios métodos*. 3.ed. atual. ampl. Viçosa: UFV.. 355p.

- ✓ Mantovani E. Chartuni, Bernardo Salassier e Palaretti Fabiano (2013), *Irrigação-Princípios e métodos*, 3ª Edição, 3ª reimpressão, Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, 355p, 22cm
- ✓ Martin-Benito, J.M.T.; Gomez, M.V.; Pardo, J.L. (1992), *Working of sprinkler to optimize application of water*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE, New York, v.118, n.6, p.713-895.
- ✓ Mello, J.L.P., Silva (2009), *apostila de irrigação e drenagem*, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, UFRRJ.
- ✓ Mendes, J. P., 2007. *Utilização de um modelo expedito no apoio à condução da rega (Conduzrega)*. In: II Congresso Nacional de Rega e Drenagem. Fundão, Portugal.
- ✓ METER (2005), perfil do distrito de Magude, província de Maputo, Ministério da Administração Estatal, direção nacional de administração local
- ✓ Netto, J.M.A, Fernandez, M.F., Araujo, R., Ito, A.E., (1998) *Manual de Hidráulica*, 8ª edição, 4ª reimpressão, editora Edgard Blucher LTDA, São Paulo, CDD-627
- ✓ Prado, Giuliani do. (2008), Modelagem de aplicação de água com canhões hidráulicos sob diferentes condições do vento, Editora UFLA, 121p.:il.
- ✓ Silva, C.A. da (2005) Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, Garça, n. • 8, dez.
- ✓ Silva, A. C; Teodoro, F. E. R.; Melo, B. (2008) Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, n.3, p.387-394,.
- ✓ SILVA, A.J.P et al (2012), *Irrigação da bananeira*, editor técnico Eugênio Ferreira Coelho, Embapa, Brasília, 1ª edição, 280p.
- ✓ Smith, M. 1992. CROPWAT, *A computer program for irrigation planing and management*. FAO Irrigation and Drainage Paper 46, FAO, Rome.
- ✓ Vories, E.D.; Bernuth, R.D. (1986), *Single nozzlesprinkler performance in wind*. Transaction of the ASAE, St. Joseph, Michigan, v.29, n.5, p.1325-1330.

## IX. ANEXOS

### ANEXOS I. Dados de testes de infiltração dos solos nos blocos TME, TMSG e TMF

**Tabela 1.1:** Infiltração no bloco TME (Anel 1)

Hora	Tempo (min)	Leitura (cm)	Reposição (cm)	Tac (min)	Infiltração (cm)	Iac (cm)	X= log Tac	Y= log Iac	X*Y	X <sup>2</sup>
07:15	0	7,2		0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
07:20	5	7,7		5	0,5	0,5	0,699	-0,301	-0,210	0,489
07:25	5	9,5		10	1,8	2,3	1,000	0,362	0,362	1,000
07:30	5	9,6		15	0,1	2,4	1,176	0,380	0,447	1,383
07:35	5	10		20	0,4	2,8	1,301	0,447	0,582	1,693
07:40	5	10,5		25	0,5	3,3	1,398	0,519	0,725	1,954
07:45	5	11,3		30	0,8	4,1	1,477	0,613	0,905	2,182
07:50	5	11,7		35	0,4	4,5	1,544	0,653	1,009	2,384
07:55	5	12,3		40	0,6	5,1	1,602	0,708	1,134	2,567
08:00	5	12,7		45	0,4	5,5	1,653	0,740	1,224	2,733
08:05	5	13,2		50	0,5	6	1,699	0,778	1,322	2,886
08:10	5	13,6		55	0,4	6,4	1,740	0,806	1,403	3,029
08:15	5	14		60	0,4	6,8	1,778	0,833	1,480	3,162
08:20	5	14,5		65	0,5	7,3	1,813	0,863	1,565	3,287
08:25	5	15		70	0,5	7,8	1,845	0,892	1,646	3,404
08:30	5	15,6		75	0,6	8,4	1,875	0,924	1,733	3,516
08:35	5	15,8		80	0,2	8,6	1,903	0,934	1,778	3,622
08:40	5	16,3		85	0,5	9,1	1,929	0,959	1,850	3,723
08:45	5	17		90	0,7	9,8	1,954	0,991	1,937	3,819
08:50	5	17,5	7,2	95	0,5	10,3	1,978	1,013	2,003	3,911
08:55	5	8		100	0,8	11,1	2,000	1,045	2,091	4,000
09:00	5	8,5		105	0,5	11,6	2,021	1,064	2,151	4,085
09:05	5	9		110	0,5	12,1	2,041	1,083	2,210	4,167
09:10	5	9,2		115	0,2	12,3	2,061	1,090	2,246	4,246
09:15	5	10		120	0,8	13,1	2,079	1,117	2,323	4,323
09:20	5	10,3		125	0,3	13,4	2,097	1,127	2,363	4,397
09:25	5	11		130	0,7	14,1	2,114	1,149	2,429	4,469
09:30	5	11,2		135	0,2	14,3	2,130	1,155	2,461	4,538
09:35	5	11,8		140	0,6	14,9	2,146	1,173	2,518	4,606
09:40	5	12,1		145	0,3	15,2	2,161	1,182	2,554	4,672
09:45	5	12,5		150	0,4	15,6	2,176	1,193	2,596	4,735
09:50	5	12,8		155	0,3	15,9	2,190	1,201	2,631	4,798
09:55	5	13,1		160	0,3	16,2	2,204	1,210	2,666	4,858
10:00	5	13,3		165	0,2	16,4	2,217	1,215	2,694	4,917
10:05	5	13,7		170	0,4	16,8	2,230	1,225	2,733	4,975

Avaliação do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional para cultura de cana-de-açúcar no sector Timanguene II – Açucareira de Xinavane, Distrito de Magude

10:10	5	13,9		175	0,2	17	2,243	1,230	2,760	5,031
10:15	5	14,2		180	0,3	17,3	2,255	1,238	2,792	5,086
10:20	5	14,7		185	0,5	17,8	2,267	1,250	2,835	5,140
10:25	5	15,1		190	0,4	18,2	2,279	1,260	2,871	5,193
10:30	5	15,4		195	0,3	18,5	2,290	1,267	2,902	5,244
10:35	5	15,8		200	0,4	18,9	2,301	1,276	2,937	5,295
10:40	5	16,1		205	0,3	19,2	2,312	1,283	2,967	5,344
10:45	5	16,4	7,4	210	0,3	19,5	2,322	1,290	2,996	5,393
10:50	5	7,7		215	0,3	19,8	2,332	1,297	3,024	5,440
10:55	5	8		220	0,3	20,1	2,342	1,303	3,053	5,487
11:00	5	8,3		225	0,3	20,4	2,352	1,310	3,080	5,533
11:05	5	8,4		230	0,1	20,5	2,362	1,312	3,098	5,578
11:10	5	8,6		235	0,2	20,7	2,371	1,316	3,120	5,622
11:15	5	8,9		240	0,3	21	2,380	1,322	3,147	5,665
11:20	5	9		245	0,1	21,1	2,389	1,324	3,164	5,708
11:30	10	9,1		255	0,1	21,2	2,407	1,326	3,192	5,791
11:40	10	9,3		265	0,2	21,4	2,423	1,330	3,224	5,872
11:50	10	9,5		275	0,2	21,6	2,439	1,334	3,255	5,950
12:00	10	9,8		285	0,3	21,9	2,455	1,340	3,291	6,026
12:10	10	10		295	0,2	22,1	2,470	1,344	3,320	6,100
12:20	10	10,3		305	0,3	22,4	2,484	1,350	3,354	6,172
12:30	10	10,5		315	0,2	22,6	2,498	1,354	3,383	6,242
12:40	10	10,7		325	0,2	22,8	2,512	1,358	3,411	6,310
12:50	10	10,9		335	0,2	23	2,525	1,362	3,438	6,376
13:00	10	11,2		345	0,3	23,3	2,538	1,367	3,470	6,441
13:10	10	11,5		355	0,3	23,6	2,550	1,373	3,501	6,504
13:20	10	11,8		365	0,3	23,9	2,562	1,378	3,532	6,565
13:30	10	12,1		375	0,3	24,2	2,574	1,384	3,562	6,626
13:40	10	12,5		385	0,4	24,6	2,585	1,391	3,596	6,685
13:50	10	12,8		395	0,3	24,9	2,597	1,396	3,625	6,742
14:00	10	13,1		405	0,3	25,2	2,607	1,401	3,654	6,799
14:10	10	13,3		415	0,2	25,4	2,618	1,405	3,678	6,854
14:20	10	13,6		425	0,3	25,7	2,628	1,410	3,706	6,908
14:30	10	13,8		435	0,2	25,9	2,638	1,413	3,729	6,962
14:40	10	14,1		445	0,3	26,2	2,648	1,418	3,756	7,014
14:55	15	14,3		460	0,2	26,4	2,663	1,422	3,785	7,090
15:10	15	14,5	7,3	475	0,2	26,6	2,677	1,425	3,814	7,165
15:25	15	7,6		490	0,3	26,9	2,690	1,430	3,846	7,237
15:40	15	7,8		505	0,2	27,1	2,703	1,433	3,874	7,308
15:55	15	8		520	0,2	27,3	2,716	1,436	3,901	7,377
16:10	15	8,3		535	0,3	27,6	2,728	1,441	3,931	7,444
16:25	15	8,4		550	0,1	27,7	2,740	1,442	3,953	7,510
16:40	15	8,7		565	0,3	28	2,752	1,447	3,983	7,574

Avaliação do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional para cultura de cana-de-açúcar no sector Timanguene II – Açucareira de Xinavane, Distrito de Magude

16:55	15	8,9		580	0,2	28,2	2,763	1,450	4,008	7,637
17:10	15	8,9		595	0	28,2	2,775	1,450	4,024	7,698
Total							175,00	91,44	213,11	402,27

**Tabela 1.2:** Infiltração no bloco TME (Anel 2)

Hora	Tempo (min)	Leitura (cm)	Reposição (cm)	Tac (min)	Infiltração (cm)	Iac (cm)	X= log Tac	Y= log Iac	X*Y	X^2
07:10	0	7		0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
07:15	5	7,9		5	0,9	0,9	0,699	-0,046	-0,032	0,489
07:20	5	9,1		10	1,2	2,1	1,000	0,322	0,322	1,000
07:25	5	10,2		15	1,1	3,2	1,176	0,505	0,594	1,383
07:30	5	10,5		20	0,3	3,5	1,301	0,544	0,708	1,693
07:35	5	11,5		25	1	4,5	1,398	0,653	0,913	1,954
07:40	5	12,2		30	0,7	5,2	1,477	0,716	1,058	2,182
07:45	5	12,8		35	0,6	5,8	1,544	0,763	1,179	2,384
07:50	5	13,4		40	0,6	6,4	1,602	0,806	1,292	2,567
07:55	5	14		45	0,6	7	1,653	0,845	1,397	2,733
08:00	5	14,6		50	0,6	7,6	1,699	0,881	1,496	2,886
08:05	5	15		55	0,4	8	1,740	0,903	1,572	3,029
08:10	5	15,7		60	0,7	8,7	1,778	0,940	1,671	3,162
08:15	5	16,2		65	0,5	9,2	1,813	0,964	1,747	3,287
08:20	5	16,2		70	0	9,2	1,845	0,964	1,778	3,404
08:25	5	16,3	7,3	75	0,1	9,3	1,875	0,968	1,816	3,516
08:30	5	7,6		80	0,3	9,6	1,903	0,982	1,869	3,622
08:35	5	7,9		85	0,3	9,9	1,929	0,996	1,921	3,723
08:40	5	8,3		90	0,4	10,3	1,954	1,013	1,979	3,819
08:45	5	8,7		95	0,4	10,7	1,978	1,029	2,036	3,911
08:50	5	8,9		100	0,2	10,9	2,000	1,037	2,075	4,000
08:55	5	9,2		105	0,3	11,2	2,021	1,049	2,121	4,085
09:00	5	9,5		110	0,3	11,5	2,041	1,061	2,165	4,167
09:05	5	9,9		115	0,4	11,9	2,061	1,076	2,216	4,246
09:10	5	10		120	0,1	12	2,079	1,079	2,244	4,323
09:15	5	10,3		125	0,3	12,3	2,097	1,090	2,285	4,397
09:20	5	10,6		130	0,3	12,6	2,114	1,100	2,326	4,469
09:25	5	10,8		135	0,2	12,8	2,130	1,107	2,359	4,538
09:30	5	11,2		140	0,4	13,2	2,146	1,121	2,405	4,606
09:35	5	11,4		145	0,2	13,4	2,161	1,127	2,436	4,672
09:40	5	11,7	7	150	0,3	13,7	2,176	1,137	2,474	4,735
09:45	5	7,4		155	0,4	14,1	2,190	1,149	2,517	4,798
09:50	5	7,7		160	0,3	14,4	2,204	1,158	2,553	4,858
09:55	5	7,9		165	0,2	14,6	2,217	1,164	2,582	4,917
10:00	5	8,2		170	0,3	14,9	2,230	1,173	2,617	4,975



Avaliação do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional para cultura de cana-de-açúcar no sector Timanguene II – Açucareira de Xinavane, Distrito de Magude

10:05	5	8,6		175	0,4	15,3	2,243	1,185	2,657	5,031
10:10	5	9		180	0,4	15,7	2,255	1,196	2,697	5,086
10:15	5	9,4		185	0,4	16,1	2,267	1,207	2,736	5,140
10:20	5	9,7		190	0,3	16,4	2,279	1,215	2,768	5,193
10:25	5	9,9		195	0,2	16,6	2,290	1,220	2,794	5,244
10:30	5	10,2		200	0,3	16,9	2,301	1,228	2,825	5,295
10:35	5	10,5		205	0,3	17,2	2,312	1,236	2,856	5,344
10:40	5	10,8		210	0,3	17,5	2,322	1,243	2,887	5,393
10:45	5	11,1		215	0,3	17,8	2,332	1,250	2,917	5,440
10:55	10	11,4		225	0,3	18,1	2,352	1,258	2,958	5,533
11:05	10	11,9		235	0,5	18,6	2,371	1,270	3,010	5,622
11:15	10	12,3		245	0,4	19	2,389	1,279	3,055	5,708
11:25	10	12,5		255	0,2	19,2	2,407	1,283	3,088	5,791
11:35	10	12,8		265	0,3	19,5	2,423	1,290	3,126	5,872
11:45	10	13,2		275	0,4	19,9	2,439	1,299	3,168	5,950
11:55	10	13,6		285	0,4	20,3	2,455	1,307	3,210	6,026
12:05	10	14	7,2	295	0,4	20,7	2,470	1,316	3,250	6,100
12:15	10	7,5		305	0,3	21	2,484	1,322	3,285	6,172
12:25	10	7,9		315	0,4	21,4	2,498	1,330	3,324	6,242
12:35	10	8,3		325	0,4	21,8	2,512	1,338	3,362	6,310
12:45	10	8,5		335	0,2	22	2,525	1,342	3,390	6,376
12:55	10	8,8		345	0,3	22,3	2,538	1,348	3,422	6,441
13:05	10	8,9		355	0,1	22,4	2,550	1,350	3,443	6,504
13:15	10	9,2		365	0,3	22,7	2,562	1,356	3,475	6,565
13:25	10	9,5		375	0,3	23	2,574	1,362	3,505	6,626
13:35	10	9,8		385	0,3	23,3	2,585	1,367	3,535	6,685
13:45	10	10,2		395	0,4	23,7	2,597	1,375	3,570	6,742
13:55	10	10,4		405	0,2	23,9	2,607	1,378	3,594	6,799
14:05	10	10,6		415	0,2	24,1	2,618	1,382	3,618	6,854
14:15	10	10,8		425	0,2	24,3	2,628	1,386	3,642	6,908
14:25	10	10,9		435	0,1	24,4	2,638	1,387	3,661	6,962
14:35	10	11,3		445	0,4	24,8	2,648	1,394	3,693	7,014
14:45	10	11,5		455	0,2	25	2,658	1,398	3,716	7,065
14:55	10	11,7		465	0,2	25,2	2,667	1,401	3,738	7,115
15:05	10	11,8		475	0,1	25,3	2,677	1,403	3,756	7,165
15:15	10	12,2		485	0,4	25,7	2,686	1,410	3,787	7,213
15:25	10	12,5		495	0,3	26	2,695	1,415	3,813	7,261
15:35	10	12,7		505	0,2	26,2	2,703	1,418	3,834	7,308
15:45	10	12,9		515	0,2	26,4	2,712	1,422	3,855	7,354
15:55	10	13,1		525	0,2	26,6	2,720	1,425	3,876	7,399
16:10	15	13,4		540	0,3	26,9	2,732	1,430	3,907	7,466
16:25	15	13,8		555	0,4	27,3	2,744	1,436	3,941	7,531
16:40	15	13,9		570	0,1	27,4	2,756	1,438	3,962	7,595

Avaliação do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional para cultura de cana-de-açúcar no sector Timanguene II – Açucareira de Xinavane, Distrito de Magude

16:55	15	14,1		585	0,2	27,6	2,767	1,441	3,987	7,657
17:10	15	14,2		600	0,1	27,7	2,778	1,442	4,007	7,718
Total							176,005	91,558	213,39	407,34

**Tabela 1.3.**Infiltração no bloco TMSG (Anel 1)

Hora	Tempo (min)	Leitura (cm)	Reposição (cm)	Tac (min)	Infiltração (cm)	Iac (cm)	X= log Tac	Y= log Iac	X*Y	X <sup>2</sup>
07:05	0	7,2		0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
07:10	5	7,7		5	0,5	0,5	0,699	-0,301	-0,210	0,489
07:15	5	8,8		10	1,1	1,6	1,000	0,204	0,204	1,000
07:20	5	9,7		15	0,9	2,5	1,176	0,398	0,468	1,383
07:25	5	10,5		20	0,8	3,3	1,301	0,519	0,675	1,693
07:30	5	10,8		25	0,3	3,6	1,398	0,556	0,778	1,954
07:35	5	11,2		30	0,4	4	1,477	0,602	0,889	2,182
07:40	5	11,6		35	0,4	4,4	1,544	0,643	0,994	2,384
07:45	5	11,9		40	0,3	4,7	1,602	0,672	1,077	2,567
07:50	5	12,3		45	0,4	5,1	1,653	0,708	1,170	2,733
07:55	5	12,5		50	0,2	5,3	1,699	0,724	1,231	2,886
08:00	5	12,8		55	0,3	5,6	1,740	0,748	1,302	3,029
08:05	5	13,1		60	0,3	5,9	1,778	0,771	1,371	3,162
08:10	5	13,5		65	0,4	6,3	1,813	0,799	1,449	3,287
08:15	5	13,7		70	0,2	6,5	1,845	0,813	1,500	3,404
08:20	5	13,9		75	0,2	6,7	1,875	0,826	1,549	3,516
08:25	5	14,2		80	0,3	7	1,903	0,845	1,608	3,622
08:30	5	14,4		85	0,2	7,2	1,929	0,857	1,654	3,723
08:35	5	14,6		90	0,2	7,4	1,954	0,869	1,699	3,819
08:40	5	14,7	7,2	95	0,1	7,5	1,978	0,875	1,731	3,911
08:45	5	7,3		100	0,1	7,6	2,000	0,881	1,762	4,000
08:50	5	7,5		105	0,2	7,8	2,021	0,892	1,803	4,085
08:55	5	7,8		110	0,3	8,1	2,041	0,908	1,855	4,167
09:00	5	8,4		115	0,6	8,7	2,061	0,940	1,936	4,246
09:05	5	8,5		120	0,1	8,8	2,079	0,944	1,964	4,323
09:10	5	8,6		125	0,1	8,9	2,097	0,949	1,991	4,397
09:15	5	8,8		130	0,2	9,1	2,114	0,959	2,027	4,469
09:20	5	8,9		135	0,1	9,2	2,130	0,964	2,053	4,538
09:25	5	9		140	0,1	9,3	2,146	0,968	2,078	4,606
09:30	5	9,2		145	0,2	9,5	2,161	0,978	2,113	4,672
09:35	5	9,3		150	0,1	9,6	2,176	0,982	2,138	4,735
09:40	5	9,4		155	0,1	9,7	2,190	0,987	2,161	4,798
09:45	5	9,6		160	0,2	9,9	2,204	0,996	2,194	4,858
09:50	5	9,8		165	0,2	10,1	2,217	1,004	2,227	4,917
09:55	5	10		170	0,2	10,3	2,230	1,013	2,259	4,975

Avaliação do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional para cultura de cana-de-açúcar no sector Timanguene II – Açucareira de Xinavane, Distrito de Magude

10:00	5	10,2		175	0,2	10,5	2,243	1,021	2,291	5,031
10:05	5	10,3		180	0,1	10,6	2,255	1,025	2,312	5,086
10:10	5	10,5		185	0,2	10,8	2,267	1,033	2,343	5,140
10:15	5	10,6		190	0,1	10,9	2,279	1,037	2,364	5,193
10:20	5	10,8		195	0,2	11,1	2,290	1,045	2,394	5,244
10:25	5	10,9		200	0,1	11,2	2,301	1,049	2,414	5,295
10:30	5	11,2		205	0,3	11,5	2,312	1,061	2,452	5,344
10:35	5	11,4		210	0,2	11,7	2,322	1,068	2,481	5,393
10:40	5	11,5		215	0,1	11,8	2,332	1,072	2,500	5,440
10:45	5	11,6		220	0,1	11,9	2,342	1,076	2,519	5,487
10:50	5	11,8		225	0,2	12,1	2,352	1,083	2,547	5,533
10:55	5	12,1		230	0,3	12,4	2,362	1,093	2,582	5,578
11:00	5	12,2		235	0,1	12,5	2,371	1,097	2,601	5,622
11:05	5	12,3		240	0,1	12,6	2,380	1,100	2,619	5,665
11:10	5	12,5		245	0,2	12,8	2,389	1,107	2,645	5,708
11:15	5	12,6	7,3	250	0,1	12,9	2,398	1,111	2,663	5,750
11:25	10	7,4		260	0,1	13	2,415	1,114	2,690	5,832
11:35	10	7,6		270	0,2	13,2	2,431	1,121	2,725	5,912
11:45	10	7,8		280	0,2	13,4	2,447	1,127	2,758	5,989
11:55	10	8		290	0,2	13,6	2,462	1,134	2,791	6,063
12:05	10	8,2		300	0,2	13,8	2,477	1,140	2,824	6,136
12:15	10	8,4		310	0,2	14	2,491	1,146	2,855	6,207
13:25	10	8,6		320	0,2	14,2	2,505	1,152	2,887	6,276
13:35	10	8,8		330	0,2	14,4	2,519	1,158	2,917	6,343
13:45	10	9		340	0,2	14,6	2,531	1,164	2,948	6,408
13:55	10	9,1		350	0,1	14,7	2,544	1,167	2,970	6,472
14:05	10	9,2		360	0,1	14,8	2,556	1,170	2,992	6,535
14:15	10	9,4		370	0,2	15	2,568	1,176	3,020	6,596
14:25	10	9,6		380	0,2	15,2	2,580	1,182	3,049	6,655
14:35	10	9,7		390	0,1	15,3	2,591	1,185	3,070	6,714
14:45	10	9,9		400	0,2	15,5	2,602	1,190	3,097	6,771
14:55	10	10,2		410	0,3	15,8	2,613	1,199	3,132	6,827
15:05	10	10,2		420	0	15,8	2,623	1,199	3,144	6,881
15:15	10	10,3		430	0,1	15,9	2,633	1,201	3,164	6,935
15:25	10	10,4		440	0,1	16	2,643	1,204	3,183	6,988
15:35	10	10,5		450	0,1	16,1	2,653	1,207	3,202	7,040
15:45	10	10,6		460	0,1	16,2	2,663	1,210	3,221	7,090
15:55	10	10,7		470	0,1	16,3	2,672	1,212	3,239	7,140
16:10	15	10,9		485	0,2	16,5	2,686	1,217	3,270	7,213
16:35	15	11,1		500	0,2	16,7	2,699	1,223	3,300	7,284
16:50	15	11,2		515	0,1	16,8	2,712	1,225	3,323	7,354
17:05	15	11,4		530	0,2	17	2,724	1,230	3,352	7,422

Avaliação do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional para cultura de cana-de-açúcar no sector Timanguene II – Açucareira de Xinavane, Distrito de Magude

17:20	15	11,5		545	0,1	17,1	2,736	1,233	3,374	7,488
<b>Total</b>							<b>169,21</b>	<b>75,46</b>	<b>173,92</b>	<b>385,61</b>

**Tabela 1.4.**Infiltração no bloco TMSG (Anel 2)

<b>Hora</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Leitura (cm)</b>	<b>Reposição (cm)</b>	<b>Tac (min)</b>	<b>Infiltração (cm)</b>	<b>Iac (cm)</b>	<b>X= log Tac</b>	<b>Y= log Iac</b>	<b>X*Y</b>	<b>X<sup>2</sup></b>
07:15	0	7,1		0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
07:20	5	7,3		5	0,2	0,2	0,699	-0,699	-0,489	0,489
07:25	5	8		10	0,7	0,9	1,000	-0,046	-0,046	1,000
07:30	5	8,5		15	0,5	1,4	1,176	0,146	0,172	1,383
07:35	5	8,8		20	0,3	1,7	1,301	0,230	0,300	1,693
07:40	5	9,1		25	0,3	2	1,398	0,301	0,421	1,954
07:45	5	9,3		30	0,2	2,2	1,477	0,342	0,506	2,182
07:50	5	9,5		35	0,2	2,4	1,544	0,380	0,587	2,384
07:55	5	9,9		40	0,4	2,8	1,602	0,447	0,716	2,567
08:00	5	10		45	0,1	2,9	1,653	0,462	0,764	2,733
08:05	5	10,2		50	0,2	3,1	1,699	0,491	0,835	2,886
08:10	5	10,4		55	0,2	3,3	1,740	0,519	0,902	3,029
08:15	5	10,9		60	0,5	3,8	1,778	0,580	1,031	3,162
08:20	5	11		65	0,1	3,9	1,813	0,591	1,072	3,287
08:25	5	11,2		70	0,2	4,1	1,845	0,613	1,131	3,404
08:30	5	11,4		75	0,2	4,3	1,875	0,633	1,188	3,516
08:35	5	11,6		80	0,2	4,5	1,903	0,653	1,243	3,622
08:40	5	11,9		85	0,3	4,8	1,929	0,681	1,314	3,723
08:45	5	12,2		90	0,3	5,1	1,954	0,708	1,383	3,819
08:50	5	12,3		95	0,1	5,2	1,978	0,716	1,416	3,911
08:55	5	12,5		100	0,2	5,4	2,000	0,732	1,465	4,000
09:00	5	12,7		105	0,2	5,6	2,021	0,748	1,512	4,085
09:05	5	12,9		110	0,2	5,8	2,041	0,763	1,558	4,167
09:10	5	13,1		115	0,2	6	2,061	0,778	1,604	4,246
09:15	5	13,3		120	0,2	6,2	2,079	0,792	1,648	4,323
09:20	5	13,4		125	0,1	6,3	2,097	0,799	1,676	4,397
09:25	5	13,5		130	0,1	6,4	2,114	0,806	1,704	4,469
09:30	5	13,8		135	0,3	6,7	2,130	0,826	1,760	4,538
09:35	5	13,9		140	0,1	6,8	2,146	0,833	1,787	4,606
09:40	5	14		145	0,1	6,9	2,161	0,839	1,813	4,672
09:45	5	14,1		150	0,1	7	2,176	0,845	1,839	4,735
09:50	5	14,5		155	0,4	7,4	2,190	0,869	1,904	4,798
09:55	5	15,1		160	0,6	8	2,204	0,903	1,991	4,858
10:00	5	15,1		165	0	8	2,217	0,903	2,003	4,917
10:05	5	15,4		170	0,3	8,3	2,230	0,919	2,050	4,975
10:10	5	15,6		175	0,2	8,5	2,243	0,929	2,085	5,031

Avaliação do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional para cultura de cana-de-açúcar no sector Timanguene II – Açucareira de Xinavane, Distrito de Magude

10:15	5	15,7		180	0,1	8,6	2,255	0,934	2,108	5,086
10:20	5	15,9		185	0,2	8,8	2,267	0,944	2,141	5,140
10:25	5	16		190	0,1	8,9	2,279	0,949	2,163	5,193
10:30	5	16,2		195	0,2	9,1	2,290	0,959	2,196	5,244
10:35	5	16,2		200	0	9,1	2,301	0,959	2,207	5,295
10:40	5	16,2		205	0	9,1	2,312	0,959	2,217	5,344
10:45	5	16,3		210	0,1	9,2	2,322	0,964	2,238	5,393
10:50	5	16,4		215	0,1	9,3	2,332	0,968	2,259	5,440
10:55	5	16,7		220	0,3	9,6	2,342	0,982	2,301	5,487
11:00	5	16,9		225	0,2	9,8	2,352	0,991	2,332	5,533
11:05	5	17		230	0,1	9,9	2,362	0,996	2,351	5,578
11:10	5	17		235	0	9,9	2,371	0,996	2,361	5,622
11:15	5	17,1		240	0,1	10	2,380	1,000	2,380	5,665
11:20	5	17,3		245	0,2	10,2	2,389	1,009	2,410	5,708
11:25	5	17,4		250	0,1	10,3	2,398	1,013	2,429	5,750
11:30	5	17,4		255	0	10,3	2,407	1,013	2,437	5,791
11:40	10	17,5	7,3	265	0,1	10,4	2,423	1,017	2,465	5,872
11:50	10	7,6		275	0,3	10,7	2,439	1,029	2,511	5,950
12:00	10	7,9		285	0,3	11	2,455	1,041	2,556	6,026
12:10	10	8,1		295	0,2	11,2	2,470	1,049	2,591	6,100
12:20	10	8,2		305	0,1	11,3	2,484	1,053	2,616	6,172
12:30	10	8,3		315	0,1	11,4	2,498	1,057	2,640	6,242
12:40	10	8,5		325	0,2	11,6	2,512	1,064	2,674	6,310
12:50	10	8,7		335	0,2	11,8	2,525	1,072	2,707	6,376
13:00	10	8,9		345	0,2	12	2,538	1,079	2,739	6,441
13:10	10	9		355	0,1	12,1	2,550	1,083	2,761	6,504
13:20	10	9,2		365	0,2	12,3	2,562	1,090	2,793	6,565
13:30	10	9,3		375	0,1	12,4	2,574	1,093	2,815	6,626
13:40	10	9,5		385	0,2	12,6	2,585	1,100	2,845	6,685
13:50	10	9,6		395	0,1	12,7	2,597	1,104	2,866	6,742
14:00	10	9,8		405	0,2	12,9	2,607	1,111	2,896	6,799
14:10	10	9,9		415	0,1	13	2,618	1,114	2,916	6,854
14:20	10	10,1		425	0,2	13,2	2,628	1,121	2,945	6,908
14:30	10	10,3		435	0,2	13,4	2,638	1,127	2,974	6,962
14:40	10	10,4		445	0,1	13,5	2,648	1,130	2,994	7,014
14:55	10	10,4		455	0	13,5	2,658	1,130	3,004	7,065
15:10	15	10,6		470	0,2	13,7	2,672	1,137	3,037	7,140
15:25	15	10,8		485	0,2	13,9	2,686	1,143	3,070	7,213
15:40	15	11,1		500	0,3	14,2	2,699	1,152	3,110	7,284
15:55	15	11,3		515	0,2	14,4	2,712	1,158	3,141	7,354
16:10	15	11,4		530	0,1	14,5	2,724	1,161	3,164	7,422
16:25	15	11,6		545	0,2	14,7	2,736	1,167	3,194	7,488

Avaliação do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional para cultura de cana-de-açúcar no sector Timanguene II – Açucareira de Xinavane, Distrito de Magde

16:40	15	11,7		560	0,1	14,8	2,748	1,170	3,216	7,553
16:55	15	11,8		575	0,1	14,9	2,760	1,173	3,238	7,616
17:10	15	11,8		590	0	14,9	2,771	1,173	3,251	7,678
17:25	15	11,9		605	0,1	15	2,782	1,176	3,272	7,738
Total							180,14	69,95	166,37	415,53

Tabela 1.5. Infiltração no bloco TMF (Anel 1)

Hora	Tempo (min)	Leitura (cm)	Reposição (cm)	Tac (min)	Infiltração (cm)	Iac (cm)	X= log Tac	Y= log Iac	X*Y	X <sup>2</sup>
07:05	0	7		0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
07:10	5	6,5		5	0,5	0,5	0,699	-0,301	-0,210	0,489
07:15	5	6		10	0,5	1	1,000	0,000	0,000	1,000
07:20	5	5,5		15	0,5	1,5	1,176	0,176	0,207	1,383
07:25	5	5		20	0,5	2	1,301	0,301	0,392	1,693
07:30	5	4,8		25	0,2	2,2	1,398	0,342	0,479	1,954
07:35	5	4,5		30	0,3	2,5	1,477	0,398	0,588	2,182
07:40	5	4,4		35	0,1	2,6	1,544	0,415	0,641	2,384
07:45	5	4,4		40	0	2,6	1,602	0,415	0,665	2,567
07:50	5	4,4		45	0	2,6	1,653	0,415	0,686	2,733
07:55	10	4,2		55	0,2	2,8	1,740	0,447	0,778	3,029
08:00	10	3,8		65	0,4	3,2	1,813	0,505	0,916	3,287
08:05	10	3,6		75	0,2	3,4	1,875	0,531	0,997	3,516
08:15	10	3,7		85	-0,1	3,3	1,929	0,519	1,000	3,723
08:25	10	3,5		95	0,2	3,5	1,978	0,544	1,076	3,911
08:35	10	3,3		105	0,2	3,7	2,021	0,568	1,148	4,085
08:45	10	3		115	0,3	4	2,061	0,602	1,241	4,246
08:55	10	2,9		125	0,1	4,1	2,097	0,613	1,285	4,397
09:05	10	2,5	7	135	0,4	4,5	2,130	0,653	1,392	4,538
09:15	10	6,6		145	0,4	4,9	2,161	0,690	1,492	4,672
09:25	10	6,4		155	0,2	5,1	2,190	0,708	1,550	4,798
09:35	10	6,4		165	0	5,1	2,217	0,708	1,569	4,917
09:45	10	6		175	0,4	5,5	2,243	0,740	1,661	5,031
09:55	10	6		185	0	5,5	2,267	0,740	1,679	5,140
10:05	10	5,8		195	0,2	5,7	2,290	0,756	1,731	5,244
10:15	10	5,5		205	0,3	6	2,312	0,778	1,799	5,344
10:25	10	5,4		215	0,1	6,1	2,332	0,785	1,832	5,440
10:35	10	5,2		225	0,2	6,3	2,352	0,799	1,880	5,533
10:45	10	5		235	0,2	6,5	2,371	0,813	1,927	5,622
10:55	10	4,8		245	0,2	6,7	2,389	0,826	1,974	5,708
11:05	10	4,5		255	0,3	7	2,407	0,845	2,034	5,791
11:15	10	4,5		265	0	7	2,423	0,845	2,048	5,872
11:25	10	4,4		275	0,1	7,1	2,439	0,851	2,077	5,950

Avaliação do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional para cultura de cana-de-açúcar no sector Timanguene II – Açucareira de Xinavane, Distrito de Magude

11:35	10	4,3		285	0,1	7,2	2,455	0,857	2,105	6,026
11:45	10	4,3		295	0	7,2	2,470	0,857	2,117	6,100
11:55	10	4,3		305	0	7,2	2,484	0,857	2,130	6,172
12:05	10	4,2		315	0,1	7,3	2,498	0,863	2,157	6,242
12:15	10	4,2		325	0	7,3	2,512	0,863	2,169	6,310
13:25	10	4,1		335	0,1	7,4	2,525	0,869	2,195	6,376
13:35	10	4,1		345	0	7,4	2,538	0,869	2,206	6,441
13:45	10	4		355	0,1	7,5	2,550	0,875	2,232	6,504
13:55	10	3,9		365	0,1	7,6	2,562	0,881	2,257	6,565
14:05	10	3,9		375	0	7,6	2,574	0,881	2,267	6,626
14:15	10	3,8		385	0,1	7,7	2,585	0,886	2,292	6,685
14:25	10	3,7		395	0,1	7,8	2,597	0,892	2,316	6,742
14:35	10	3,7		405	0	7,8	2,607	0,892	2,326	6,799
14:45	10	3,5		415	0,2	8	2,618	0,903	2,364	6,854
14:55	10	3,5		425	0	8	2,628	0,903	2,374	6,908
15:05	10	3,4		435	0,1	8,1	2,638	0,908	2,397	6,962
15:15	10	3,4		445	0	8,1	2,648	0,908	2,406	7,014
15:25	10	3,3		455	0,1	8,2	2,658	0,914	2,429	7,065
15:35	10	3,3		465	0	8,2	2,667	0,914	2,438	7,115
15:45	10	3,2		475	0,1	8,3	2,677	0,919	2,460	7,165
15:55	10	3,1		485	0,1	8,4	2,686	0,924	2,482	7,213
16:10	15	3		500	0,1	8,5	2,699	0,929	2,508	7,284
16:35	15	2,8		515	0,2	8,7	2,712	0,940	2,548	7,354
16:50	15	2,7		530	0,1	8,8	2,724	0,944	2,573	7,422
17:05	15	2,6		545	0,1	8,9	2,736	0,949	2,598	7,488
17:20	15	2,6		560	0	8,9	2,748	0,949	2,609	7,553
17:35	15	2,6		575	0	8,9	2,760	0,949	2,620	7,616
Total							132,449	42,329	102,105	310,778

Tabela 1.6. Infiltração no bloco TMF (Anel 2)

Hora	Tempo (min)	Leitura (cm)	Reposição (cm)	Tac (min)	Infiltração (cm)	Iac (cm)	X= log Tac	Y= log Iac	X*Y	X <sup>2</sup>
07:15	0	10		0	0	0	0	0	0	0
07:20	5	9,2		5	0,8	0,8	0,699	-0,097	-0,068	0,489
07:25	5	8,3		10	0,9	1,7	1,000	0,230	0,230	1,000
07:30	5	7,8		15	0,5	2,2	1,176	0,342	0,403	1,383
07:35	5	7,6		20	0,2	2,4	1,301	0,380	0,495	1,693
07:40	5	7,6		25	0	2,4	1,398	0,380	0,532	1,954
07:45	5	7,6		30	0	2,4	1,477	0,380	0,562	2,182
07:50	5	7,6		35	0	2,4	1,544	0,380	0,587	2,384
07:55	5	7,5		40	0,1	2,5	1,602	0,398	0,638	2,567
08:00	5	7,5		45	0	2,5	1,653	0,398	0,658	2,733

Avaliação do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional para cultura de cana-de-açúcar no sector Timanguene II – Açucareira de Xinavane, Distrito de Magude

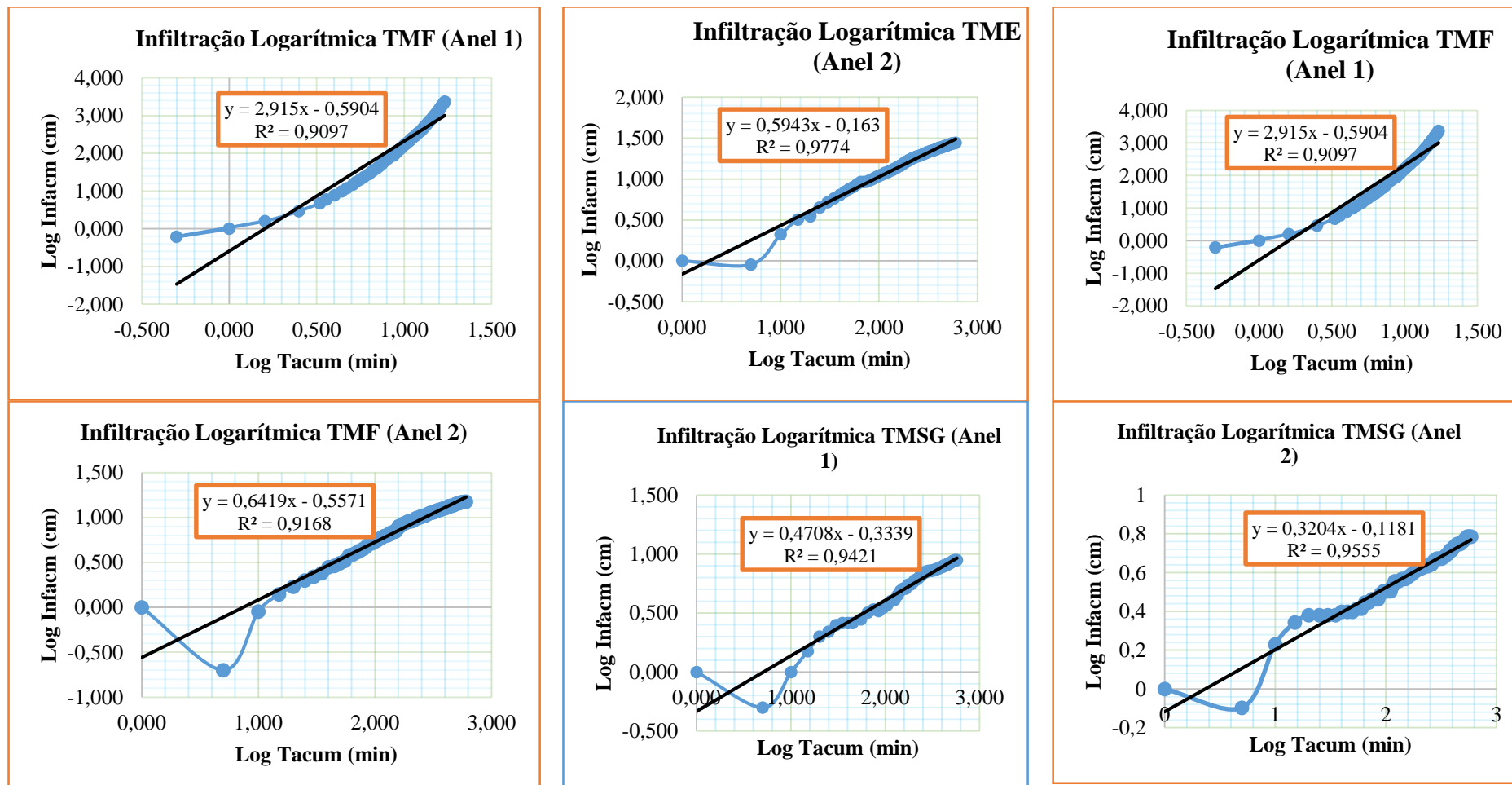
08:05	5	7,5		50	0	2,5	1,699	0,398	0,676	2,886
08:10	5	7,4		55	0,1	2,6	1,740	0,415	0,722	3,029
08:15	5	7,4		60	0	2,6	1,778	0,415	0,738	3,162
08:20	5	7,2		65	0,2	2,8	1,813	0,447	0,811	3,287
08:25	5	7,2		70	0	2,8	1,845	0,447	0,825	3,404
08:30	5	7,1		75	0,1	2,9	1,875	0,462	0,867	3,516
08:35	5	7,1		80	0	2,9	1,903	0,462	0,880	3,622
08:40	5	7,1		85	0	2,9	1,929	0,462	0,892	3,723
08:45	5	6,9		90	0,2	3,1	1,954	0,491	0,960	3,819
08:50	5	6,8		95	0,1	3,2	1,978	0,505	0,999	3,911
08:55	5	6,8		100	0	3,2	2,000	0,505	1,010	4,000
09:00	5	6,8		105	0	3,2	2,021	0,505	1,021	4,085
09:05	5	6,8		110	0	3,2	2,041	0,505	1,031	4,167
09:10	5	6,6		115	0,2	3,4	2,061	0,531	1,095	4,246
09:15	5	6,4		120	0,2	3,6	2,079	0,556	1,157	4,323
09:25	10	6,4		130	0	3,6	2,114	0,556	1,176	4,469
09:35	10	6,3		140	0,1	3,7	2,146	0,568	1,219	4,606
09:45	10	6,3		150	0	3,7	2,176	0,568	1,236	4,735
09:55	10	6,2		160	0,1	3,8	2,204	0,580	1,278	4,858
10:05	10	6,1		170	0,1	3,9	2,230	0,591	1,318	4,975
10:15	10	6		180	0,1	4	2,255	0,602	1,358	5,086
10:25	10	5,9		190	0,1	4,1	2,279	0,613	1,396	5,193
10:35	10	5,8		200	0,1	4,2	2,301	0,623	1,434	5,295
10:45	10	5,8		210	0	4,2	2,322	0,623	1,447	5,393
10:55	10	5,7		220	0,1	4,3	2,342	0,633	1,484	5,487
11:05	10	5,7		230	0	4,3	2,362	0,633	1,496	5,578
11:15	10	5,7		240	0	4,3	2,380	0,633	1,508	5,665
11:25	10	5,6		250	0,1	4,4	2,398	0,643	1,543	5,750
11:35	10	5,6		260	0	4,4	2,415	0,643	1,554	5,832
11:50	15	5,4		275	0,2	4,6	2,439	0,663	1,617	5,950
12:05	15	5,3		290	0,1	4,7	2,462	0,672	1,655	6,063
12:20	15	5,3		305	0	4,7	2,484	0,672	1,670	6,172
12:35	15	5,3		320	0	4,7	2,505	0,672	1,684	6,276
12:50	15	5,2		335	0,1	4,8	2,525	0,681	1,720	6,376
13:05	15	5,1		350	0,1	4,9	2,544	0,690	1,756	6,472
13:20	15	5		365	0,1	5	2,562	0,699	1,791	6,565
13:35	15	4,8		380	0,2	5,2	2,580	0,716	1,847	6,655
13:50	15	4,8		395	0	5,2	2,597	0,716	1,859	6,742
14:05	15	4,6		410	0,2	5,4	2,613	0,732	1,914	6,827
14:20	15	4,5		425	0,1	5,5	2,628	0,740	1,946	6,908
14:35	15	4,4		440	0,1	5,6	2,643	0,748	1,978	6,988
14:50	15	4,4		455	0	5,6	2,658	0,748	1,989	7,065



Avaliação do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional para cultura de cana-de-açúcar no sector Timanguene II – Açucareira de Xinavane, Distrito de Magude

15:05	15	4,4		470	0	5,6	2,672	0,748	1,999	7,140
15:20	15	4,3		485	0,1	5,7	2,686	0,756	2,030	7,213
15:35	15	4,2		500	0,1	5,8	2,699	0,763	2,060	7,284
15:50	15	4,1		515	0,1	5,9	2,712	0,771	2,090	7,354
16:05	15	4		530	0,1	6	2,724	0,778	2,120	7,422
16:20	15	3,9		545	0,1	6,1	2,736	0,785	2,149	7,488
16:35	15	3,9		560	0	6,1	2,748	0,785	2,158	7,553
16:50	15	3,9		575	0	6,1	2,760	0,785	2,167	7,616
17:05	15	3,9		590	0	6,1	2,771	0,785	2,176	7,678
Total							130,24	34,52	79,54	296,29

**ANEXOS II.** Gráficos de infiltração logarítmica dos blocos TME, TMSG e TMF



**Figura 2.1.** Gráficos de infiltração logarítmica dos três blocos de estudo

**ANEXOS III.** Dados de lâminas aplicadas pelos aspersores em cada pluviómetro nos três blocos de estudo

**Tabela 3.1.** Leitura da aplicação de água por pluviómetro (mm) no TME 17

Distribuição dos pluviómetros	Duração do teste = 60 minutos					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6
<b>Linha A</b>	2,50	2,00	3,00	2,50	3,00	4,50
<b>Linha B</b>	3,00	2,00	2,50	3,00	1,50	3,00
<b>Linha C</b>	1,50	1,50	2,00	2,00	3,00	2,00
<b>Linha D</b>	2,00	2,00	3,50	3,50	2,00	3,00
<b>Linha E</b>	1,50	2,50	2,00	2,50	2,50	3,50
<b>Linha F</b>	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00

**Tabela 3.2.** Leitura da aplicação de água por pluviómetro (mm) no TME 18

Distribuição dos pluviómetros	Duração do teste = 60 minutos					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6
<b>Linha A</b>	2,50	3,00	1,50	1,50	2,00	3,00
<b>Linha B</b>	3,50	3,00	1,50	2,00	1,50	2,50
<b>Linha C</b>	3,00	2,50	2,50	1,50	2,00	3,50
<b>Linha D</b>	1,50	2,00	2,50	5,00	7,00	4,00
<b>Linha E</b>	3,00	2,00	2,50	3,50	3,50	3,50
<b>Linha F</b>	3,50	1,50	2,00	2,00	2,00	1,50

**Tabela 3.3.** Leitura da aplicação de água por pluviómetro (mm) no TME 23

Distribuição dos pluviómetros	Duração do teste = 60 minutos					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6
Linha A	1,50	1,50	2,50	2,50	2,00	2,50
Linha B	3,00	3,00	3,00	4,00	3,50	3,00
Linha C	2,00	4,00	5,00	3,00	2,50	2,00
Linha D	1,50	3,00	4,50	3,00	1,50	1,50
Linha E	1,50	3,00	5,00	2,50	1,00	1,00
Linha F	1,50	3,00	5,00	3,00	1,50	1,00

**Tabela 3.4.** Leitura da aplicação de água por pluviómetro (mm) no TME 28

Distribuição dos pluviómetros	Duração do teste = 60 minutos					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6
Linha A	1,50	2,00	3,00	2,00	1,50	2,50
Linha B	2,00	1,00	2,00	1,50	1,50	1,50
Linha C	2,00	2,00	2,00	1,00	1,50	2,00
Linha D	2,00	2,50	1,50	1,00	1,50	2,50
Linha E	3,00	2,50	1,00	2,00	2,50	1,50
Linha F	1,00	2,50	1,00	1,50	1,50	1,50

**Tabela 3.5.** Leitura da aplicação de água por pluviómetro (mm) no TME 40

Distribuição dos pluviómetros	Duração do teste = 60 minutos					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6
Linha A	1,00	1,50	2,50	2,00	2,00	2,00
Linha B	1,50	2,00	1,50	3,00	3,00	2,50
Linha C	2,00	2,00	1,50	2,00	1,50	3,00
Linha D	2,50	3,00	1,50	1,50	1,50	1,50
Linha E	2,50	2,50	1,50	1,00	1,00	1,00
Linha F	3,00	2,50	1,50	1,00	1,00	1,00

**Tabela 3.6.** Leitura da aplicação de água por pluviómetro (mm) no TMSG 01

Distribuição dos pluviómetros	Duração do teste = 60 minutos					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6
Linha A	2,00	3,00	3,00	2,00	1,50	3,00
Linha B	2,00	3,00	2,50	3,00	2,00	3,00
Linha C	2,00	2,00	1,50	2,00	4,00	4,50
Linha D	3,00	2,00	2,00	3,00	6,00	5,00
Linha E	2,50	1,50	2,50	3,00	5,00	4,50
Linha F	2,50	3,00	3,00	2,50	6,00	3,50

**Tabela 3.7.** Leitura da aplicação de água por pluviómetro (mm) no TMSG 04

Distribuição dos pluviómetros	Duração do teste = 60 minutos					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6
Linha A	1,00	1,00	3,50	4,00	2,00	2,50
Linha B	1,00	1,00	4,00	3,50	1,00	1,00
Linha C	1,00	1,50	2,50	4,00	3,00	3,50
Linha D	2,50	2,50	3,00	4,00	6,00	4,00
Linha E	2,00	2,50	4,00	3,00	3,50	2,00
Linha F	1,00	1,00	5,00	3,00	2,00	1,50

**Tabela 3.8.** Leitura da aplicação de água por pluviómetro (mm) no TMSG 12

Distribuição dos pluviómetros	Duração do teste = 60 minutos					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6
Linha A	4,50	3,00	3,00	2,00	0,50	0,50
Linha B	2,50	4,00	3,50	1,50	1,00	1,50
Linha C	5,00	4,50	2,00	2,50	3,50	3,50
Linha D	5,00	5,50	4,50	4,50	6,50	4,00
Linha E	2,00	4,50	4,00	1,50	1,50	1,50
Linha F	0,50	4,50	4,50	0,50	0,50	1,00

**Tabela 3.9.** Leitura da aplicação de água por pluviómetro (mm) no TMSG 16

Distribuição dos pluviómetros	Duração do teste = 60 minutos					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6
Linha A	4,50	3,00	3,00	2,00	0,50	0,50
Linha B	2,50	4,00	3,50	1,50	1,00	1,50
Linha C	5,00	4,50	2,00	2,50	3,50	3,50
Linha D	5,00	5,50	4,50	4,50	6,50	4,00
Linha E	2,00	4,50	4,00	1,50	1,50	1,50
Linha F	0,50	4,50	4,50	0,50	0,50	1,00

**Tabela 3.10.** Leitura da aplicação de água por pluviómetro (mm) no TMSG 18

Distribuição dos pluviómetros	Duração do teste = 60 minutos					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6
Linha A	1,50	3,00	2,50	1,50	1,00	1,00
Linha B	1,50	3,00	2,50	2,00	1,50	1,50
Linha C	4,50	7,00	6,00	3,50	2,50	3,50
Linha D	3,00	4,00	5,50	3,50	2,50	2,50
Linha E	2,00	4,00	1,50	4,00	3,00	2,00
Linha F	2,50	2,50	3,50	2,50	1,50	1,00

**Tabela 3.11.** Leitura da aplicação de água por pluviómetro (mm) no TMF 01

Distribuição dos pluviómetros	Duração do teste = 60 minutos					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6
Linha A	1,50	3,50	3,00	3,50	4,50	3,00
Linha B	3,00	3,50	4,00	4,00	5,50	4,50
Linha C	3,50	4,00	4,00	4,50	4,00	4,00
Linha D	3,00	3,00	4,50	3,50	4,50	5,00
Linha E	3,00	2,50	2,50	3,00	4,00	5,00
Linha F	2,50	2,50	3,00	3,00	3,50	3,50

**Tabela 3.12.** Leitura da aplicação de água por pluviómetro (mm) no TMF 02

Distribuição dos pluviómetros	Duração do teste = 60 minutos					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6
Linha A	1,50	1,50	1,50	2,50	4,50	1,50
Linha B	2,00	2,00	1,00	2,50	5,00	2,00
Linha C	2,50	2,00	2,50	3,00	3,50	3,50
Linha D	5,00	5,00	4,00	3,00	2,50	4,00
Linha E	2,00	2,00	2,00	4,00	2,50	2,50
Linha F	1,50	1,00	2,00	4,00	4,00	1,50

**Tabela 3.13.** Leitura da aplicação de água por pluviómetro (mm) no TMF 03

Distribuição dos pluviómetros	Duração do teste = 60 minutos					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6
Linha A	1,50	2,00	2,00	2,50	3,00	2,50
Linha B	2,50	3,00	3,00	5,00	3,50	3,00
Linha C	2,50	2,00	1,50	2,00	3,00	3,50
Linha D	2,50	1,50	1,00	1,50	3,50	3,00
Linha E	1,00	0,50	0,50	2,00	5,00	2,50
Linha F	0,50	0,50	1,00	2,50	5,00	2,50

**Tabela 3.14.** Leitura da aplicação de água por pluviómetro (mm) no TMF 04

Distribuição dos pluviómetros	Duração do teste = 60 minutos					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6
Linha A	2,00	1,50	2,00	4,00	4,00	3,00
Linha B	3,00	2,00	2,00	2,50	4,50	3,50
Linha C	4,00	4,00	4,50	4,50	5,00	4,00
Linha D	4,50	5,00	4,50	4,00	4,00	4,00
Linha E	3,00	3,50	3,50	3,50	4,00	3,00
Linha F	1,50	1,50	3,50	3,00	4,00	3,00

**ANEXOS IV.** Dados de pressão, tipo do bocal e diâmetro do bocal de cada aspersor em todos campos nos três blocos de estudo

**Tabela 4.1. Dados de Pressão, tipo do bocal e diâmetro do bocalno TME**

<b>Parâmetros</b>	<b>Campos Avaliados</b>							
<b>TME 17</b>								
<b>Aspersores</b>	Asp 1	Asp 2	Asp 3	Asp 4	Asp 5	Asp 6	Asp 7	Asp 8
<b>Pressão (Kpa)</b>	260	290	290	290	330	320	250	250
<b>Tipo do bocal</b>	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 13/64"	VYR 13/64"	VYR 13/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"
<b>Diâmetro (mm)</b>	4,37	4,37	4,37	5,16	5,16	5,16	4,37	4,37
<b>TME 18</b>								
<b>Aspersores</b>	Asp 1	Asp 2	Asp 3	Asp 4	Asp 5	Asp 6	Asp 7	Asp 8
<b>Pressão (kpa)</b>	250	250	250	240	310	310	360	250
<b>Tipo do bocal</b>	VYR 9/64"	VYR 11/64"	VYR 3/16"	VYR 9/64"	VYR 13/16"	VYR 9/64"	VYR 9/64"	VYR 9/64"
<b>Diâmetro (mm)</b>	3,57	4,37	4,76	3,57	5,16	3,57	357	3,57
<b>TME 23</b>								
<b>Aspersores</b>	Asp 1	Asp 2	Asp 3	Asp 4	Asp 5	Asp 6	Asp 7	Asp 8
<b>Pressão (kpa)</b>	200	200	200	200	220	240	120	180
<b>Tipo do bocal</b>	VYR 13/64"	VYR 13/64"	VYR 9/64"	VYR 9/64"	VYR 9/64"	VYR 9/64"	VYR 9/64"	VYR 9/64"
<b>Diâmetro (mm)</b>	5,16	5,16	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57
<b>TMF 28</b>								
<b>Aspersores</b>	Asp 1	Asp 2	Asp 3	Asp 4	Asp 5	Asp 6	Asp 7	Asp 8
<b>Pressão (kpa)</b>	220	210	210	200	230	220	160	180
<b>Tipo do bocal</b>	VYR 9/64"	VYR 13/64"	VYR 9/64"	VYR 9/64"	VYR 9/64"	VYR 9/64"	VYR 9/64"	VYR 9/64"
<b>Diâmetro (mm)</b>	3,57	5,16	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57
<b>TME 40</b>								
<b>Aspersores</b>	Asp 1	Asp 2	Asp 3	Asp 4	Asp 5	Asp 6	Asp 7	Asp 8
<b>Pressão (kpa)</b>	220	270	280	280	280	270	260	280



<b>Tipo do bocal</b>	VYR 9/64"	VYR 11/64"	VYR 9/64"	VYR 9/64"	VYR 9/64"	VYR 9/64"	VYR 9/64"	VYR 9/64"
<b>Diâmetro (mm)</b>	3,57	4,37	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57

**Tabela 4.2. Dados de Pressão, tipo do bocal e diâmetro do bocalno TMSG**

<b>Parâmetros</b>	<b>Campos Avaliados</b>							
<b>TMSG 01</b>								
<b>Aspersores</b>	Asp 1	Asp 2	Asp 3	Asp 4	Asp 5	Asp 6	Asp 7	Asp 8
<b>Pressão (Kpa)</b>	270	280	270	270	260	250	270	260
<b>Tipo do bocal</b>	VYR 11/64"	VYR 9/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"
<b>Diâmetro (mm)</b>	4,5	3,6	4,5	4,5	4,4	4,4	4,4	4,4
<b>TMSG 04</b>								
<b>Aspersores</b>	Asp 1	Asp 2	Asp 3	Asp 4	Asp 5	Asp 6	Asp 7	Asp 8
<b>Pressão (kpa)</b>	230	250	230	250	190	180	180	160
<b>Tipo do bocal</b>	VYR 11/64"	VYR 9/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"
<b>Diâmetro (mm)</b>	4,4	3,6	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
<b>TMSG 12</b>								
<b>Aspersores</b>	Asp 1	Asp 2	Asp 3	Asp 4	Asp 5	Asp 6	Asp 7	Asp 8
<b>Pressão (kpa)</b>	290	290	260	240	340	260	300	290
<b>Tipo do bocal</b>	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"
<b>Diâmetro (mm)</b>	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
<b>TMSG 16</b>								
<b>Aspersores</b>	Asp 1	Asp 2	Asp 3	Asp 4	Asp 5	Asp 6	Asp 7	Asp 8
<b>Pressão (kpa)</b>	240	310	200	240	240	190	190	320
<b>Tipo do bocal</b>	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"
<b>Diâmetro (mm)</b>	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
<b>TMSG 18</b>								
<b>Aspersores</b>	Asp 1	Asp 2	Asp 3	Asp 4	Asp 5	Asp 6	Asp 7	Asp 8

<b>Pressão (kpa)</b>	270	260	250	270	240	250	250	270
<b>Tipo do bocal</b>	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"
<b>Diâmetro (mm)</b>	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4

**Tabela 4.3. Dados de Pressão, tipo do bocal e diâmetro do bocalno TMF**

<b>Parâmetros</b>	<b>Campos Avaliados</b>							
<b>TMF 01</b>								
<b>Aspersores</b>	Asp 1	Asp 2	Asp 3	Asp 4	Asp 5	Asp 6	Asp 7	Asp 8
<b>Pressão (Kpa)</b>	270	270	270	260	330	290	350	270
<b>Tipo do bocal</b>	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 13/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 13/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"
<b>Diâmetro (mm)</b>	4,4	4,4	5,2	4,4	4,4	5,2	4,4	4,4
<b>TMF 02</b>								
<b>Aspersores</b>	Asp 1	Asp 2	Asp 3	Asp 4	Asp 5	Asp 6	Asp 7	Asp 8
<b>Pressão (kpa)</b>	280	270	270	270	180	280	240	180
<b>Tipo do bocal</b>	VYR 11/64"	VYR 13/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"
<b>Diâmetro (mm)</b>	4,4	5,2	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
<b>TMF 03</b>								
<b>Aspersores</b>	Asp 1	Asp 2	Asp 3	Asp 4	Asp 5	Asp 6	Asp 7	Asp 8
<b>Pressão (kpa)</b>	230	200	240	240	190	180	180	160
<b>Tipo do bocal</b>	VYR 13/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"
<b>Diâmetro (mm)</b>	5,2	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
<b>TMSG 16</b>								
<b>Aspersores</b>	Asp 1	Asp 2	Asp 3	Asp 4	Asp 5	Asp 6	Asp 7	Asp 8
<b>Pressão (kpa)</b>	190	240	270	270	270	290	270	270
<b>Tipo do bocal</b>	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"	VYR 11/64"
<b>Diâmetro (mm)</b>	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4

ANEXOS V. Dados obtidos no programa Cropwat para determinação das necessidades de água de rega (NAR) para os três blocos de estudo

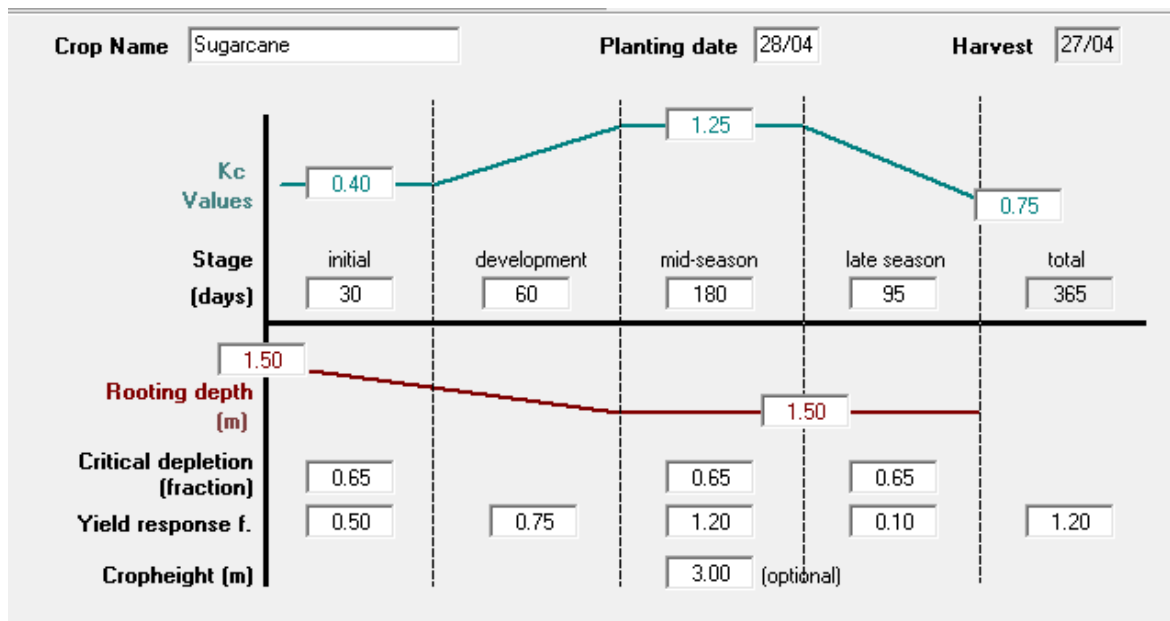
**Tabela 5.1:** Variáveis climáticas e evapotranspiração de referência para distrito de Magude

Country	Location 80		Station	Magude			
Altitude	40	m.	Latitude	25.00	°S	Longitude	32.73 °E
Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ET <sub>o</sub>
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m <sup>2</sup> /day	mm/day
January	21.0	32.6	69	164	7.4	22.3	5.34
February	20.6	32.3	69	164	7.1	21.0	5.07
March	19.5	31.4	73	138	7.3	19.4	4.36
April	17.8	30.2	70	121	7.0	16.3	3.58
May	14.2	28.2	69	147	7.5	14.3	3.07
June	11.6	26.2	70	104	6.9	12.4	2.27
July	11.2	26.2	68	112	6.9	13.0	2.41
August	12.6	27.9	67	147	7.0	15.2	3.19
September	15.1	29.6	65	181	7.3	18.3	4.23
October	17.2	31.1	64	199	7.0	20.1	4.99
November	19.0	31.9	63	181	6.4	20.6	5.21
December	19.6	32.8	65	181	7.0	21.8	5.50
<b>Average</b>	<b>16.6</b>	<b>30.0</b>	<b>68</b>	<b>153</b>	<b>7.1</b>	<b>17.9</b>	<b>4.10</b>

**Tabela 5.2:** Dados de precipitação efectiva do distrito de Magude.

Station	Magude		Eff. rain method	FAO/AGLW formula	
	Rain	Eff rain			
	mm	mm			
January	101.0	56.8			
February	128.0	78.4			
March	99.0	55.2			
April	44.0	16.4			
May	21.0	2.6			
June	20.0	2.0			
July	13.0	0.0			
August	12.0	0.0			
September	24.0	4.4			
October	48.0	18.8			
November	76.0	36.8			
December	101.0	56.8			
<b>Total</b>	<b>687.0</b>	<b>328.2</b>			

**Tabela 5.3:** Dados de coeficiente de cultura (Kc) da cultura de cana-de-açúcar



**Tabela 5.4.** Dados de necessidades de água de rega

Meses	Kc	Eto (mm/dia)	Etc (mm/dia)	Etc (mm/mês)	Pt (mm)	Peff (mm)	NAR (mm)	NAR (mm/dia)
Mai	0,4	3,07	1,23	38,07	21	2,6	35,47	1,14
Jun	0,54	2,27	1,23	36,77	20	2	34,77	1,16
Jul	0,96	2,41	2,31	71,72	13	0	71,72	2,31
Ago	1,25	3,19	3,99	123,61	12	0	123,61	3,99
Set	1,25	4,23	5,29	158,63	24	4,4	154,23	5,14
Out	1,25	4,99	6,24	193,36	48	18,8	174,56	<b>5,63</b>
Nov	1,25	5,21	6,51	195,38	76	36,8	158,58	5,29
Dez	1,25	5,5	6,88	213,13	101	56,8	156,33	5,04
Jan	1,25	5,34	6,68	206,93	101	56,8	150,13	4,84
Fev	1,17	5,07	5,93	172,03	128	78,4	93,63	3,23
Mar	1,02	4,36	4,45	137,86	99	55,2	82,66	2,67
Abr	0,84	3,58	3,01	90,22	44	16,4	73,82	2,46
<b>Total</b>				<b>1637,69</b>	<b>687,00</b>	<b>328,20</b>	<b>1309,49</b>	-

**Tabela 5.5.** Determinação das necessidades de água da cultura para o bloco TME

ETo station: Magude Rain station: Magude			Crop: Sugarcane Planting date: 19/05				
Month	Decade	Stage	Kc coeff	ETc mm/day	ETc mm/dec	Eff rain mm/dec	Irr. Req. mm/dec
May	2	Init	0.74	2.28	4.6	0.1	18.0
May	3	Init	0.40	1.12	12.3	0.4	11.9
Jun	1	Init	0.40	0.99	9.9	0.8	9.1
Jun	2	Deve	0.41	0.89	8.9	0.7	8.2
Jun	3	Deve	0.52	1.17	11.7	0.5	11.3
Jul	1	Deve	0.66	1.57	15.7	0.1	15.5
Jul	2	Deve	0.80	1.94	19.4	0.0	19.4
Jul	3	Deve	0.95	2.54	28.0	0.0	28.0
Aug	1	Deve	1.10	3.23	32.3	0.0	32.3
Aug	2	Mid	1.23	3.92	39.2	0.0	39.2
Aug	3	Mid	1.25	4.42	48.6	0.1	48.5
Sep	1	Mid	1.25	4.86	48.6	0.7	47.9
Sep	2	Mid	1.25	5.29	52.9	1.0	51.9
Sep	3	Mid	1.25	5.61	56.1	2.8	53.3
Oct	1	Mid	1.25	5.93	59.3	4.6	54.7
Oct	2	Mid	1.25	6.24	62.4	6.1	56.3
Oct	3	Mid	1.25	6.33	69.7	8.2	61.5
Nov	1	Mid	1.25	6.42	64.2	10.2	54.0
Nov	2	Mid	1.25	6.51	65.1	12.2	52.9
Nov	3	Mid	1.25	6.63	66.3	14.5	51.9
Dec	1	Mid	1.25	6.75	67.5	17.3	50.2
Dec	2	Mid	1.25	6.87	68.7	19.8	48.9
Dec	3	Mid	1.25	6.81	74.9	19.5	55.4
Jan	1	Mid	1.25	6.74	67.4	18.3	49.2
Jan	2	Mid	1.25	6.68	66.8	17.9	48.8
Jan	3	Mid	1.25	6.56	72.2	20.7	51.5
Feb	1	Mid	1.25	6.45	64.5	25.1	39.4
Feb	2	Late	1.23	6.24	62.4	28.2	34.2
Feb	3	Late	1.18	5.71	45.7	25.0	20.7
Mar	1	Late	1.13	5.20	52.0	21.4	30.6
Mar	2	Late	1.08	4.70	47.0	19.1	27.9
Mar	3	Late	1.02	4.18	45.9	14.6	31.4
Apr	1	Late	0.96	3.69	36.9	9.0	27.9
Apr	2	Late	0.90	3.24	32.4	4.3	28.1
Apr	3	Late	0.85	2.89	28.9	3.2	25.8
May	1	Late	0.79	2.57	25.7	2.0	23.7
May	2	Late	0.74	2.28	18.2	0.2	18.0
					1652.4	328.6	1337.2

**ANEXOS VI.** Formulário de avaliação dos sistemas de irrigação por aspersão usando durante o estudo

<b>Informação geral</b>			
Nº do campo			
Pessoa responsável de rega			
Tipo de sistema por aspersão			
Nome da empresa projectista			
Data de avaliação			
Grupo de avaliação			
Nº do campo			
Área irrigada (ha)			
Cultura			
Gestor de rega na área			
Tempo de espera (hora)			
Duração do ciclo (dias)			
Aplicação por ciclo (mm)			
Tipo de aspersores / bicos			
Diâmetro especificado do bocal (mm)			
Espaçamento de aspersores (m x m)			
Altura do tripé (m)			
	Início	Meio	Fim
Velocidade do vento (m / s) e direção			
Temperatura (C)			
Humidade (%)			

Esboço de layout do sistema e configuração de teste					
Leituras de pressão					
Declive (m)					
Pressão da válvula (kPa)		Medida		Calculada	
Pressão de aspersores (kPa) e Diâmetro do bocal (mm) medido no bloco de teste		Bocal 1	Bocal 2	Bocal 3	Bocal 4
A pressão do aspersor (kPa) e o diâmetro do bocal (mm) medidos no campo (NB, as alturas dos tubos de suporte devem ser levadas em consideração)		Lateral mais próximo da bomba	Lateral mais distante da bomba	Maior lateral	Menor Lateral
	Primeiro aspersor em lateral				
	Último aspersor em lateral				
Diferenças de pressão percentual entre os pontos de medição (20%)					
Porcentagem de desgaste nos bocais					
Pressão necessária de acordo com o diâmetro do bocal medido		Bloco de teste		Laterais	
Teste de entrega					
Tamanho do recipiente (litro)					

Medições de descarga no bloco de teste (l / s) e convertidas em m <sup>3</sup> / h		Bocal 1	Bocal 2	Bocal 3	Bocal 4	
	l/s					
	m <sup>3</sup> /h					
Medidas de descarga (L / s) nas laterais e convertidos para m <sup>3</sup> / h		Lateral mais próximo da bomba	Lateral mais distante da bomba	Maior lateral	Menor lateral	
	Primeiro aspersor em lateral	l/s	l/s	l/s	l/s	
		m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	
	Primeiro aspersor em lateral	l/s	l/s	l/s	l/s	
		m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	
	Taxa de aplicação bruta calculada (mm / h)		Bocal 1	Bocal 2	Bocal 3	Bocal 4
mm/h						
Medição da taxa de fluxo do bloco de teste por meio do medidor de fluxo (m <sup>3</sup> / h)						
Diferença percentual na taxa de fluxo entre os pontos de teste						
<b>Testes de distribuição</b>						
Espaçamento de aspersor (m x m)		Desenho		Actual, medido		
Diâmetro e comprimento da draga		Diâmetro(mm)		Comprimento		
Número de pluviómetros estabelecidos						
Número de aspersores no bloco de teste						
Duração do teste (horas)						
Altura dos pluviómetros acima do solo (mm)						
Altura da cultura acima do solo (mm)						
Comparação distâncias e alturas medidas com as especificações de projeto						
<b>Leituras de pluviometria:</b>						
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6
Linha A						
Linha B						
Linha C						
Linha D						



Avaliação do desempenho do sistema de rega por aspersão convencional para cultura de cana-de-açúcar no sector Timanguene II – Açucareira de Xinavane, Distrito de Magude

Linha E						
Linha F						
				Calculado	Padrão	
CUC- valor em (%)						
CUD- valor em (%)						
CUE- valor em (%)						
AE- valor em (%)						
<b>Comentários gerais</b>						
Uniformidade da cultura						
Fugas no sistema						
Gestão						
Recomendações e comentários						

**ANEXO VII.** Mapa de localização do sector Timanguene e dos campos de estudo em três blocos



**Figura 8.1.** Mapas de localização de campos de estudos nos três blocos