



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DIVISÃO DE AGRICULTURA

CURSO DE ENGENHARIA HIDRAULICA AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL

Monografia Científica:

**Avaliação do desempenho de pivôs central na açucareira de Xinavane, nos distritos de
Manhiça e Magude**

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

Autor: Pedro Filipe

Tutor: Cesário Cambaza, MSc

Co-tutor: Esperança Muchanga, MSc

Lionde, Julho de 2017



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Monografia de investigação sobre Avaliação do desempenho de pivôs centrais na 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 a obtenção do grau de Licenciatura em forma de Monografia em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural.

Tutor: Eng. Cesário Cambaza, MSc

Co-tutor: Eng.^a Esperança Muchanga, MSc

Lionde, Julho de 2017

ÍNDICE

LISTA DE ABREVIATURAS.....	vi
Declaração	vii
DEDICATÓRIA.....	viii
AGRADECIMENTOS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objectivos	3
1.1.1. Geral	3
1.1.2. Específicos	3
1.2. Problema de estudo e justificação.....	3
II. REVISAO BIBLIOGRAFICA	5
2.1. Rega por Aspersão	6
2.2.Pivô Central	7
2.2.1. Principais vantagens:.....	7
2.2.2. Principais desvantagens.....	7
2.3. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)	8
2.4. Coeficiente de Uniformidade de distribuição	9
2.5. Coeficiente de uniformidade estatístico.....	9
2.6. Eficiência de aplicação	9
2.7. Eficiência do sistema	10
2.8. Infiltração.....	10
2.9. Taxa de infiltração	10
III. MATERIAL E METODOS.....	12
3.2. Cálculo da Taxa de Infiltração.....	14
3.3. Comparação dos parâmetros medidos	14
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1. Caracterização da área de estudo	16
4.2. Análise dos coeficientes de uniformidades.....	16
4.3. Análise das Eficiências	17
4.1. Classificação dos solos	21

V. CONCLUSÃO.....	25
VI. RECOMENDAÇÕES	27
VII. Referências bibliográficas	28
VIII. APÊNDICES	30
Apêndice I.....	30
Apêndice II	30
Apêndice III	32
Tabela referente aos dados do pivô D4 Aguiar	37
Apêndice V.	43
IX. ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Classificação do solo a partir de sua VIB.....	18
Tabela 2: Classificação dos coeficientes de uniformidade e das eficiencias do sistema e de aplicacao de pivos (Aguiar).....	19
Tabela 3:Classificação dos coeficientes de uniformidade e das eficiências do sistema e de aplicação para pivôs de Mucombo	19
Tabela 4:Classificação dos solos através do método de peneiros	21
Tabela 5:Classificação dos solos através do método de peneiros	22
Tabela 6:VIB calculado para Aguiar e Mucombo em cm/h.....	22
Tabela 7: VIB calculado em mm/h.....	22
Tabela 8:Comparação dos resultados dos valores de aplicação de água e a capacidade de infiltração de água	23
Tabela 9:Comparação dos resultados dos valores de aplicação de água e a velocidade de Infiltração da água no solo	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Colocação dos pluviômetros (colectores) para a medição dos diversos coeficientes e as respectivas eficiências	12
Figura 2 Pivô funcionando em pleno.....	12
Figura 3: Leitura da precipitação nos pluviômetros	13
Figura 4: Conjunto de anéis de infiltração.....	13
Figura 5 e 6: Leitura da infiltração da água.....	14
Figura 6: Pivô com mangueiras de descida curtas.....	19
Figura 7: Aplicação de água em função da distância	20
Figura 7.1 Os gráficos representam a distribuição da água aplicada em torno da área irrigada pelo pivô.....	20
Figura 8: Problemas causados pelo excesso de água aplicada pelo pivô	21

LISTA DE ABREVIATURAS

Velc – Velocidade

Prec – precipitação

Dist – Distância

Recom – Recomendado

AdX – Açucareira de Xinavane

VIB – Velocidade de Infiltração Básica

CUD – Coeficiente de Uniformidade de Distribuição

CUC – Coeficiente de Uniformidade de Christiansen

CUE – Coeficiente de Uniformidade Estatístico

TH – Tongaat Hulett

T-Acomum – Tempo acumulado

Infil – Infiltração

Dif – Diferença

P.S.H – Peso Húmido

P.S. – Peso Seco

AE – Eficiência de Aplicação

ES – Eficiência do Sistema



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 dos meus tutores, 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, Julho de 2017

Pedro Filipe

DEDICATÓRIA

A minha formação como profissional não poderia ter sido concretizada sem a ajuda de meus amáveis e eternos pais Filipe Pedro e Marriamo Assumina, que, no decorrer da minha vida, proporcionaram-me, além de extenso carinho e amor, os conhecimentos da integridade, da perseverança e de procurar sempre em Deus à força maior para o meu desenvolvimento como ser humano. Por essa razão, gostaria de dedicar e reconhecer à vocês, minha imensa gratidão e sempre amor.

À Deus, dedico o meu agradecimento maior, porque têm sido tudo em minha vida.

A minha querida avó Assimina Sofiano pelo seu carinho e amor que sempre disponibilizou da forma incondicional desde a minha infância.

Um agradecimento especial aos meus queridos Irmãos Filipe, Higino, Mãe, Mãezinha, Cristina Ofélia, e Marisa, que permaneceram sempre ao meu lado, nos bons e maus momentos; a minha querida namorada Catarina Nhadevele que além de me fazer feliz, ajudou-me, durante todo o percurso de minha vida acadêmica, compreendendo-me e ensinando-me para que eu conquistasse um lugar ao sol; às minhas maravilhosas Tias Lúcia, Teresa, Maria, Helena, Laurinda e aos meus tios Matimula, Gregório, que sempre me deu atenção, carinho e preciosos conselhos e a todos aqueles que directa ou indirectamente, contribuíram para esta imensa felicidade que estou sentido nesse momento.

À todos vocês, meu muito obrigado.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter-me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A esta Instituição (ISPG), seu corpo docente, direcção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

A Açucareira de Xinavane pela oportunidade que me deram de poder realizar o meu trabalho com o seu apoio incondicional.

Aos meus orientadores Cesário Cambaza e Esperança Muchanga pelo suporte no pouco tempo que lhes coube, pelas suas correcções e incentivos.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Aos meus padrinhos que sempre me aporiam e me orientaram na graça do senhor deus para que não desistisse da luta académica.

E a todos que directa ou indirectamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Ao meus colegas de Turma em particular ao meu grupo de estudos, ao Cornélio, Felizardo, Valentino, Aniano e a Dadiva, o meu muito obrigado pela força que sempre transmitiram me nos momentos difíceis desta caminhada.

Aos meus amigos Chico, Edson, Augusto, Vanito, Mambul, Valdemiro o meu muito obrigado por serem essas pessoas que o são, sempre dispostos a ajudarem – me sempre que preciso.

RESUMO

O pivô central por suas características de irrigar extensas áreas, e um equipamento que demanda de recursos energéticos e hídricos em larga escala. Para o presente estudo, foi usado o método proposto por Bernardo *et al*, que consiste no uso de uma linha de pluviômetros instalados de uma forma radial em relação a área irrigada pelo pivô, com objectivo de avaliar o desempenho do sistemas pivô central na açucareira de Xinavane, a partir de indicadores de uniformidade de Christiansen, de Distribuição, Estatístico e das suas eficiências de aplicação e do sistema. Sendo que os resultados mostram que os pivôs apresentam uniformidades e eficiências de má (os valores obtidos estão abaixo ou acima dos valores recomendados) é o caso dos pivôs D4,D6,D8 isto em Aguiar e PS4,PS5, PS3, que apresentam coeficientes de uniformidades e eficiências abaixo dos recomendados (que variam de entre 65 a 85%). Sendo os Pivôs A5 e A4 Aguiar e PN6 e PS2 apresentando valores próximos dos valores recomendados para os coeficientes e as suas respectivas eficiências. Assim sendo, concluiu-se que o sistema de rega por pivô central esta a operar de má em função da sua distribuição em dois tipos de textura de solos, também notou-se que os solos quando classificados pelo método triângulo textural são classificados de pesados (Argilosos) em Aguiar e leves a médios (Franco – Argilosos) em Mucombo.

Palavras-chave: Desempenho; Pivô - Central; Eficiências; Uniformidades.

ABSTRACT

The central pivot due to its characteristics of irrigating large areas, and an equipment that demands large-scale water and energy resources. For the present study, the method proposed by Bernardo et al., Which consists of the use of a line of installed rain gauges In a radial manner in relation to the area irrigated by the pivot, in order to evaluate the performance of the central pivot systems in the Xinavane sugar plantation, as well as indicators of Christiansen uniformity, distribution, statistics and their application and system efficiencies. Since the results show that the pivots have uniformities and poor efficiencies (the values obtained are below or above the recommended values), it is the case of the pivots D4, D6, D8, in Aguiar and PS4, PS5, PS3, which present coefficients of Uniformities and efficiencies below recommended (ranging from 65 to 85%). The Pivots A5 and A4 Aguiar and PN6 and PS2 presented values close to the values recommended for the coefficients and their respective efficiencies. Therefore, it was concluded that the central pivot irrigation system is operating poorly due to its distribution in two types of soil texture, it was also noticed that soils when classified by the textural triangle method are classified as heavy (Argilosos) in Aguiar and light to medium (Franco - Argilosos) in Mucombo.

Keywords: Performance; Pivot - Central; Efficiencies; Uniforms.



I. INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada viabiliza o cultivo de espécies de plantas em locais onde sem sua aplicação seria impossível, como em locais áridos ou até mesmo em locais onde não há uma disposição regular de chuvas. A irrigação é importante para agricultura, pois esta prática aumenta a produtividade das culturas e melhoria da qualidade do produto (em caso de aplicação adequada da água a cultura melhora a produção e a produtividade). Ao fornecer água em quantidades adequadas para o pleno desenvolvimento da cultura, o produto obterá não só maiores produtividades, mas também melhor qualidade (Mantovani, 2006).

Como qualquer outro sistema de irrigação, o objectivo do pivô central é distribuir água de maneira uniforme e controlada na área irrigada. A selecção das características mais adequadas de um sistema pivô central depende de um estudo do meio agrícola onde será instalado, principalmente características do solo, topografia, clima, culturas a serem irrigadas e da disponibilidade e do custo de energia. Após a instalação, a avaliação de desempenho do pivô tem como objectivo a determinação de suas características operacionais em interacção com o meio agrícola onde está operando, subsidiando eventuais correcções e tomadas de decisão sobre manejo e utilização do equipamento.

O pivô central consiste de uma longa tubulação apoiada sobre torres acima do solo, diferenciando-se dos demais sistemas de irrigação por aspersão, principalmente porque a cultura é irrigada enquanto uma tubulação com emissores conectados giram em torno de um ponto fixo ou pivô. Disso resulta que a velocidade média de deslocamento dos emissores aumenta do centro para a periferia da área e, conseqüentemente, diminui o tempo disponível para aplicação de água por unidade de comprimento lateral, fazendo com que a precipitação dos emissores também aumente (Heermann & Kohl 1983).

Heinemann, (1996), afirma que são muitos os factores que podem afectar a desempenho do pivô quando em operação e avaliações periódicas do seu desempenho e funcionamento incluindo testes com conjunto moto-bomba, a rede de tubulação e a uniformidade dos emissores são importantes para assegurar que o pivô opere adequadamente e que a cultura se desenvolva de maneira satisfatória.



A avaliação da operação dos sistemas de irrigação está ligada a diversos parâmetros no desempenho, definidas em determinações de campo, como vazão, tempo de irrigação e uniformidade de aplicação de água, nos quais são considerados fundamentais para tomadas de decisões em relação ao diagnóstico do sistema. Porém, aos produtores é considerada uma tarefa de pouca importância, mesmo quando disponibilizam de tecnologia, mas lhes faltam orientação e conhecimento (Silva, *et al.* 2005).

O presente trabalho tem como objectivo avaliar do desempenho de rega por pivô central na cultura de cana-de-açúcar, utilizando-se os parâmetros do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de uniformidade estatístico (CUE), eficiências de aplicação e do sistema, em áreas cultivadas com cana-de-açúcar no distrito de Manhiça e Magude; (Aguar e Mucombo).



1.1.Objectivos

1.1.1. Geral

Avaliar o desempenho de pivôs central na açucareira de Xinavane, nos distritos de Manhiça e Magude.

1.1.2. Específicos

1. Determinar os Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), Uniformidade de Distribuição (CUD) e Uniformidade estatístico (UE);
2. Estimar a Eficiência de Aplicação da Água e eficiência do sistema;
3. Calcular a taxa de infiltração;
4. Comparar os parâmetros medidos com parâmetros do dimensionamento dos projectos.

1.2. Problema de estudo e justificação

Em 2015, durante a realização de um estágio na empresa Tongaat Hulett, Açucareira de Xinavane, S.A. (AdX), notou-se que os sistemas de rega por pivô central lá existentes aplicam água em quantidades excessivas em solos de textura pesada e em quantidades reduzidas em solos de textura leve, criando por consequência a ocorrência de escoamento superficial em solos de textura pesada e défice em solos de textura leve, sendo um exemplo os campos D10 e D11 em Aguiar e PS2 PN5 em Mucombo que apresentaram resultados das eficiências e das uniformidades abaixo dos recomendados que variam de entre 60 a 80%, sendo um dos grandes problemas. Estes mesmos problemas são citados por Bernardo *et al* (2006) e Wagner *et al.* (2013), daí a necessidade de se fazer periodicamente as avaliações dos sistemas de rega de modo a fazer – se um maneo racional dos sistemas. Associados a estes problemas o outro tem a ver com o tempo de vida útil dos pivôs, Schons, (2006), cita que os sistemas de rega por aspersão tipo pivô central são projectados e fabricados para terem uma longa vida útil (aproximadamente 15 a 25 anos), assim sendo, não pode-se desconsiderar os custos operacionais com a energia e o desgaste que ocorrem nos itens que compõem o sistema, que estão directamente relacionados ao seu dimensionamento hidráulico, as demandas hídricas e ao maneo dos equipamentos.

Segundo Wagner *et al.* (2013), um dos grandes problemas encontrados quando se pretende fazer uma avaliação dos sistemas de rega é o facto de até grandes companhias de produção agrícola não darem importância aos estudos ou avaliações dos seus sistemas de rega, dando prioridades a



outras actividades esquecendo-se que os sistemas de rega influenciam directamente no sistema produtivo das culturas.

Bernardo *et al* (2013), afirma que em sistemas de rega por pivô central, quanto menor a capacidade de infiltração do solo (em solos mais Pesados), menor deverá ser a lâmina aplicada por vez (maior deverá ser a velocidade de giro do pivô) e mais frequentes deverão ser as irrigações, a fim de se evitar a curva de precipitação do pivô atinja a de velocidade de infiltração de água no solo, a característica do pivô central é aplicar menor lâmina por vez e com maior frequência. Este sistema se adapta melhor em solos com textura leve ou média (arenosos) do que aqueles com textura pesada (argilosos). Quando se pretende usá-las em solos de textura pesada, deve-se caracterizar muito bem a intensidade de precipitação máxima do pivô e a capacidade de infiltração do solo a fim de evitar o escoamento superficial.



II. REVISAO BIBLIOGRAFICA

Muitos são os problemas relacionados ao dimensionamento de pivôs centrais, do seu sistema de bombeamento, bem como problemas ocasionados por falta de manutenção dos equipamentos, promovem a redução na uniformidade de distribuição da água as plantas. Bernardo; Soares e Mantovani (2005), afirmam que a uniformidade tem efeitos no rendimento das culturas, sendo considerado um dos factores mais importantes na operação dos sistemas de irrigação.

Sousa *et al.* (1992b), estudando o efeito da uniformidade de distribuição de água no consumo de água em um sistema de irrigação tipo pivô central, concluíram pela possibilidade de uma economia de água de 25.9% quando o sistema passa de um coeficiente de uniformidade de Christiansen – CUC de 64.8 para 85.6%. Desta forma, para que haja um bom manejo destes sistemas, é necessária uma avaliação da lâmina média aplicada pelo equipamento, bem como a determinação da uniformidade de água. Segundo Dourado Neto; Jong Van Lier e Frizzone (1994), o conhecimento destes parâmetros é imprescindível para o manejo económico do sistema.

Segundo Dourado Neto; Jong Van Lier e Frizzone (1994), para sistemas de irrigação por pivô central, os coeficientes mais recomendados são o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), proposto por Christiansen (1942) e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), proposto por Criddle *et al.* (1956). Além desses dois coeficientes, os ensaios de equipamentos de pivô central podem fornecer o coeficiente de uniformidade estatístico (CUE), as eficiências de aplicação e do sistema e apontar áreas deficientemente irrigadas.

Muitos coeficientes são usados para expressar a variabilidade de distribuição da água aplicada por um sistema de irrigação por aspersão, na superfície do solo. O primeiro deles foi proposto por Christiansen (1942) e adopta o desvio médio absoluto como medida de dispersão (CUC). Wilcox & Swailes (1947) propuseram um coeficiente de uniformidade utilizando o desvio-padrão como medida de dispersão, para o qual se aceitam valores acima de 75% (CUE); já Criddle *et al.* (1956) introduziram outra medida da uniformidade, considerando a razão entre a média do menor quartil e a lâmina média colectada (CUD).

O CUC é o coeficiente mais conhecido e, pela sua simplicidade, o mais utilizado. Por convenção, 80% representam, em geral, o seu valor mínimo aceitável. Segundo Gomes (1994) admitem-se



valores de CUC <80%, se a área a irrigar recebe chuvas durante o período de irrigação, se a planta possui sistema radicular profundo ou, ainda, se a economia obtida no custo da instalação, com maiores espaçamentos entre aspersores e entre linhas laterais, compensar a redução do rendimento da cultura irrigada.

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 aos requerimentos de água dos cultivos utilizados (Bernardo *et al.*, 2006).

Dentre os métodos de irrigação, o de aspersão por pivô central tem-se expandido de forma mais significativa, pelas seguintes razões: boa uniformidade de distribuição de água, quando bem dimensionado; fácil controlo da lâmina de água aplicada; grande versatilidade para as diversas condições de topografia e tipos de solo; menor dispêndio de mão-de-obra e maior divulgação por parte de fabricantes e vendedores (Bernardo, 1989).

Na irrigação por aspersão o sistema precisa ser avaliado após a implantação do projecto, visando verificar se o seu desempenho está de acordo com o que foi preestabelecido possibilitando, se necessário, a realização de ajustes para melhorar a sua performance e, periodicamente, com o objectivo de avaliar a qualidade da manutenção e do manejo do sistema.

Usualmente, os sistemas de irrigação por aspersão são avaliados apenas com base nos parâmetros medidos na superfície do solo, porém a extracção de água pela cultura, na profundidade efectiva da raiz, depende da capacidade de armazenamento de água pelo solo, da profundidade da raiz e da espécie de cultura. Isto mostra que a distribuição da água no perfil do solo é tão importante quanto a que ocorre na sua superfície, devendo ser considerada se o objectivo do projecto é propiciar um manejo de água eficiente e económico.

2.1. Rega por Aspersão

O sistema de irrigação por aspersão é uma técnica que visa suprir a demanda hídrica da cultura pelo fraccionamento de um jacto de água em gotas lançadas sobre a superfície do terreno, simulando uma chuva intensa e uniforme. Dentre os métodos de aspersão podem ser citados: convencional, convencional/ fixo, rama volante, auto - propelido, sistema linear e pivô - central. A escolha destes métodos se dá pelas seguintes condições: tipo de cultura, rotação de culturas, topografia, vazão do sistema, intensidade dos ventos, disponibilidade e emprego de mão-de-obra

especializada, dificuldade de assistência técnica, potencial para automação e capacidade de investimento, entre outras (Albuquerque; Durães, 2008).

2.2.Pivô Central

É um sistema de movimentação circular, movido por energia eléctrica. Possui uma linha lateral de 200 a 800 metros suspensa por uma estrutura formada por torres dotadas de rodas, triângulos e treliças. As torres se movimentam independentemente, devido a motores individuais por torre. Seu sistema de propulsão promove movimento de rotação da linha em torno de um ponto pivô, que lhe serve de tomada de água e ancoragem (Mantovani, Bernardo e Soares, 2013).

O pivô central desloca-se com velocidade medida em m/hora, porem, para facilitar o maneo do equipamento no campo, utiliza-se um percentmetro, que fica instalado na caixa de comando da torre. A função desse dispositivo é controlar a velocidade de deslocamento do equipamento, não em termos de metros/horas, e sim de percentagem de tempo em funcionamento.

Os emissores apresentam pressão de serviço e intensidade de aplicação ascendente a medida que se distanciam da torre central/pivô, isso se da porque cada emissor, num mesmo intervalo de tempo, deve irrigar áreas diferentes.

Faria e Vieira (1986), descrevem o pivô central como um sistema de irrigação por aspersão que opera em circuitos, constituído de uma linha lateral com emissores, ancorada em uma das extremidades e suportada por torres dotadas de rodas equipadas com unidades propulsoras. E ainda, que a velocidade de rotação das torres em torno do ponto central (ponto pivô) é regulada por meio de um relé percentual situado no painel do equipamento, que comanda a velocidade de deslocamento da última torre.

2.2.1. Principais vantagens:

- ✓ Economia da mão-de-obra;
- ✓ Mantém mesmo alinhamento e velocidade em todas as irrigações;
- ✓ Após completar uma irrigação, o sistema estará no ponto inicial para iniciar a outra;
- ✓ Apresenta boa uniformidade de aplicação.

2.2.2. Principais desvantagens:



- ✓ Alta intensidade de aplicação na extremidade da linha do pivô, o que pode acarretar escoamento superficial;
- ✓ Perde-se 20% da área irrigada (caso seja um rectângulo ou quadrado);
- ✓ Custos elevados para sua instalação.

O movimento do pivô inicia nas torres mais afastadas do centro e transmite-se a seguinte a custa da tensão provocada num cabo de aço pelo avanço daquela torre. Pelo mesmo sistema transmite-se da segunda para a terceira torre e assim sucessivamente até que todas as torres iniciem o movimento de rotação. Nas instalações modernas usam-se pequenos motores eléctricos de 1 a 2 cv em cada suporte que provocam o movimento das respectivas rodas e o alinhamento processa-se automaticamente, (Raposo).

2.3. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)

É desejável ter uma distribuição uniforme de água sobre a superfície do campo durante a irrigação. O coeficiente de uniformidade Christiansen (CUC) dá uma indicação do quanto a aplicação em diferentes pontos de medição, se desviar a partir da aplicação da média para pivôs centrais.

$$CUC = 100 \times \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - X_{med}|}{n \cdot X_{med}} \right) \quad \text{Equação 2.3.1}$$

Sendo:

CUC – coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %;

X_i – Valores de precipitação, em mm;

X_{med} - media geral dos valores de precipitação, em mm e

n - tamanho da amostra.

De acordo com o Manual de Desenho Valley (1986), - CUC valor superior a 85 % é considerado aceitável. Condições ambientais, tais como a evaporação e influência do vento do CUC valor de pontos do pivô tremendamente.



2.4. Coeficiente de Uniformidade de distribuição

CUD é uma medida da uniformidade da distribuição, que é determinada pela razão da média de 25 % a menor das medições e a média de todas as medições de campo. Dá uma indicação da extensão do sub- irrigação está a ter lugar em um campo de irrigação.

Demonstra-se por meio da equação seguinte (van der Ryst , 1990) :

$$CUD = \frac{X_{25}}{X_{med}} \times 100 \quad \text{Equação 2.3.2}$$

Sendo:

X_{25} – media do menor quartil, em mm.

Um valor CUD inferior a 60% não é aceitável e um valor de mais de 75% é recomendado de irrigação por aspersão (Keller e Bliesner, 1900), Directrizes para o valor CUD- por pivôs centrais não podiam ser encontrados na literatura. O valor CUD, como o CUC- valor, tem uma influência directa sobre o rendimento da colheita e custo do sistema de irrigação.

2.5. Coeficiente de uniformidade estatístico

Wilcox & Swailes (1947) propuseram um coeficiente de uniformidade utilizando o desvio-padrão como medida de dispersão, para o qual se aceitam valores acima de 75% (CUE)

$$CUE = 100 \times \left(1 - \frac{S_d}{X_{med}} \right) \quad \text{Equação 2.3.3}$$

Onde:

S_d – desvio-padrão dos valores de precipitação, em %

X_{med} – media geral dos valores de precipitação, em mm.

2.6. Eficiência de aplicação

A quantidade de água bombeada para dentro do sistema é comparada com a quantidade de água medida em os indicadores de chuva, por conseguinte, a quantidade de água que finalmente cai no solo e está disponível para retomada da planta. AE- valores de 80% e superior são aceitos como satisfatórios (Koegelenberg, 2002).

$$AE = \frac{\overline{X_i}}{GA} \times 100 \quad \text{Equação 2.3.4}$$



Onde:

X_i – media ponderada dos valores colectados

GA – Água aplicada pelo pivô

$$GA = \frac{Q \cdot T}{10 \cdot A} \quad \text{Equação 2.3.5}$$

Em que: Q= vazão do pivô central em (m^3/h^{-1});

T= tempo gasto por rotação (h); e

A área total irrigada (há).

2.7. Eficiência do sistema

O sistema eficiente é uma combinação da eficiência de aplicação e a uniformidade de distribuição. Portanto, a quantidade de água bombeada através do sistema, é comparado com o mais baixo de 25 % da água medida nos manómetros de chuva.

$$SE = \frac{AE \times CUD}{100} \quad \text{Equação 2.3.6}$$

Onde: SE – eficiência do sistema, em % e

AE – eficiência de aplicação.

2.8. Infiltração

Segundo Lencastre (1992), a infiltração é um processo dinâmico de movimento da água para dentro do solo, resultante da gravidade e pelo potencial capilar. Durante uma “chuvada”, o solo pode absorver a água caída, até um certo valor máximo de intensidade a partir do qual começa o escoamento superficial. O conhecimento da taxa de infiltração da água no solo é de fundamental importância para definir técnicas de conservação do solo, planejar e delinear sistemas de irrigação e drenagem, bem como auxiliar na composição de uma imagem mais real da retenção da água e aeração no solo.

2.9. Taxa de infiltração

A equação potencial mais conhecida é denominada equação de Kostiakov, representada pela Equação

$$I = k \times T^a \quad \text{Equação 2.3.7}$$



Em que:

I = infiltração acumulada [cm, mm];

k = constante dependente do solo [a dimensional];

T = tempo de infiltração [horas, min]; e

a = constante dependente do solo [a dimensional], variando de 0 a 1 em valor absoluto.

2.10. Parâmetro de desempenho

Quando se aplica somente a lâmina de irrigação necessária em uma área, sendo esta uma lâmina média, acarretará inevitavelmente o excesso em parte da área e déficit em outra. Na fracção em excesso, uma parte fica armazenada na zona das raízes, disponíveis as plantas e outra parte é perdida por percolação profunda, transportando consigo parte dos nutrientes daquela camada. Na fracção com déficit, toda água infiltrada é considerada infiltrada na zona radicular, porém em quantidade inferior às necessidades hídricas das plantas (Zocoler *et al.*, 2001).

A razão entre a lâmina de água armazenada em uma dada camada de solo e a lâmina de água aplicada nos fornece a “ eficiência de Aplicação de Água no solo (a)” Marria *et al.*, (1983). Esta relação indica a fracção de água aplicada que é armazenada, em função de suas características físicas e humidade residual do solo, fornecendo apenas uma ideia das perdas, já que em irrigações deficientes, pode alcançar valores de 100%, ou seja, toda água aplicada foi 23 armazenada.

Em consequência, a Ea , não indica se a quantidade de água aplicada foi suficiente para suprir a água evapo-transpirada pela cultura, (Bonomo 1999).

III. MATERIAL E METODOS

3.1 Determinações dos diferentes coeficientes e Eficiências

Neste estudo, avaliaram-se Dez (10) sistemas de pivô central instalados nos campos de Aguiar em Xinavane e Mucombo em Magde, no distrito da Manhica Província de Maputo.

A avaliação seguiu os moldes do que é feito na aspersão convencional. Neles, avaliaram-se a uniformidade de distribuição de água e a eficiência de aplicação utilizando um raio do pivô; no campo, a linha de colectores foi disposta radialmente ao longo do pivô, avaliando-se um, raios. O número de raios. No campo, os colectores foram distribuídos ao longo do raio do pivô e numerados em ordem crescente, a partir do centro, afastados entre si de num intervalo que variou de 3, 5 a 7 metros. Essa numeração fez-se para a ponderação das lâminas, devido a variação da área representada por cada colector ao longo do pivô. A avaliação foi feita na velocidade comum de sua utilização.

Em razão do aumento da área em função do distanciamento do centro do pivô, cada colector instalado radialmente representa área crescente. Assim é foi ponderar as lâminas colectadas, o que é feito multiplicando-se cada valor colectado pelo número correspondente do pluviómetro, (Bernardo *et al.*, 2013).



Figura 3 Pivô funcionando em pleno

Figura 2: Colocação dos pluviómetros (colectores) para a medição dos diversos coeficientes e as respectivas eficiências

Fonte: Autor

Por: Pedro Filipe



Figura 4: Leitura da precipitação nos pluviómetros

Fonte: Autor

A fim de facilitar e operacionalizar os cálculos de uniformidade de distribuição de água e da eficiência do equipamento, e comum a utilização de planilhas electrónicas, que vão desde modelos artesanais (feitas pelo usuário) até softwares profissionais e direccionados a essas avaliações.

Durante o trabalho realizaram-se actividades de recolha de dados para os testes de infiltração, colheita de dados da precipitação dos pivôs através dos pluviómetros, para a determinar os CUC, CUD, CUE, AE, SE, TI e VIB para avaliar-se a desempenho dos pivôs centrais em diferentes tipos de solos.



Figura 5: conjunto de anéis de infiltração

Fonte: Autor



Figuras 6 e 6: Leitura da infiltração da água

Fonte: Autor

O método usado para avaliar o sistema, foi com base na uniformidade de distribuição de água, através do uso do software (Program Center Pivot), que permitiu a determinação dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), a eficiência de aplicação. (AE), a eficiência do Sistema (SE), o coeficiente uniformidade estatístico (CUE). Para os cálculos destes parâmetros foram usadas as equações 1,2,3,4,5 e 6 descritos na revisão bibliográfica.

3.2. Cálculo da Taxa de Infiltração

Para o cálculo ou estimativa da taxa de infiltração da água no solo, usou-se o método de infiltrômetros de anéis que consiste na medição directa da infiltração da água no solo através dos anéis de infiltração bem como a velocidade de infiltração básica, (VIB).

Avaliação do desempenho foi feita através de recolha de dados nos pivôs, e posterior análise e introdução no software Program Center Pivot de modo a permitir a análise e discussão dos resultados neles obtidos.

3.3. Comparação dos parâmetros medidos

O principal objectivo ao se implantar um sistema de irrigação é proporcionar condições para se produzir economicamente, o que se consegue com aumento de produtividade e redução dos custos por unidade produzida. Neste aspecto, os parâmetros que expressam a qualidade e desempenho da irrigação devem ser entendidos como decisórios no planeamento e operação dos sistemas de irrigação (Zocoler *et al.*, 2001).



Para a comparação dos parâmetros obtidos com os dos projectos de cada pivô fez-se uma comparação directa dos resultados obtidos e com os dos respectivos projectos de modo a perceber se há ou não diferenças em relação ao que foi pré-dimensionado e de seguida faz-se uma análise dos resultados obtidos.

Tabela 1: Classificação do solo a partir de sua VIB

Tipos de solo	VIB (cm/h)
Solo de VIB muito alta	> 3,0
Solo de VIB alta	1,5 - 3,0
Solo de VIB média	0,5 - 1,5
Solo de VIB baixa	< 0,5

Fonte: Bernardo *et al.*, (2006)



IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização da área de estudo

O presente trabalho foi realizado em duas áreas de cultivo de cana-de-açúcar pertencentes a AdX em cerca de dez (10) pivôs centrais localizados no distrito da Manhiça e Magude, na província de Maputo, no posto administrativo de Xinavane (Aguiar) e Localidade de Mucombo (Magude). O sistema de irrigação do tipo pivô central avaliado permite a irrigação de, aproximadamente, 54 a 65 ha.

4.2. Análise dos coeficientes de uniformidades

A CUD médio para Aguiar foi de 66.10% e Mucombo 76.7%, sendo menor do que a CUC de 75.08 Aguiar e 83.158 Mucombo. Rezende (1992) afirma que o fato de CUD ser sempre menor que CUC é inerente às variáveis das equações utilizadas na determinação desses coeficientes, pois no cálculo de CUD consideram-se apenas 25% da área que recebeu menos água. Keller e Bliesner (1990), consideram que a CUD é o mais rigoroso para o dimensionamento e a avaliação em campo de sistema de irrigação. Entretanto mesmo sendo o CUD mais rigoroso, este não apresenta uma boa discriminação e logo não identifica de maneira adequada os distúrbios de vazão.

Como se pode ver nas Tabelas 2 e 3, o sistema apresentou uma classificação boa a má, para os Coeficientes de Uniformidade (CUD), (CUC) e (CUE), ficando em termos de valores médios entre os 51 e 75.08%. Desta forma em alguns pivôs pode se afirmar que se encontram dentro dos limites aceitáveis, porem existem os que não atinjam o limite aceitável, que variam de 60 e 85%. É o caso dos D4,D6,D8 isto são é, em Aguiar e PS4,PS5, PS3 em Mucombo. De entre vários factores que influenciam o baixo rendimento dos coeficientes de uniformidade destaca se as fugas de água, o uso de mangueiras de descida curtos, a velocidade do vento na região, a velocidade de rotação dos Pivôs. Para além dos factores acima descritos o tempo de vida dos pivôs influencia directamente no desempenho dos mesmos. Os pivôs foram implantados em 2000 para pivôs de Aguiar e 2010 em Mucombo, outros factores que contribuem para que os mesmos não satisfaçam os parâmetros desejado é o uso inadequado do próprio equipamento de rega.

Tabela 2: Classificação dos coeficientes de uniformidade e das eficiências do sistema e de aplicação de pivôs (Aguiar)

Parâmetros	Valores recomendados	PIVOS AGUIAR					Media
		A5	D4	D6	D8	A4	
CUC (%)	85	85.11	77	68.22	58.358	86.7	75.08
CUD (%)	75	68.9	68.5	55.3	56.9	80.9	66.10
CUE (%)	75	76.78	56.93	20.32	23.35	78.22	51.12
EA (%)	80	94.03	101.35	80.72	186.13	84.01	109.25
ES (%)	60	64.7	69.35	44.6	105.9	67.96	70.50

Tabela 3: Classificação dos coeficientes de uniformidade e das eficiências do sistema e de aplicação para pivôs de Mucombo

Parâmetros	Valores recomendados	PIVOS MUCOMBO					Media
		PN6	PS4	PS5	PS3	PS2	
CUC (%)	85	75.3	90.16	79.47	82.36	88.5	83.158
CUD (%)	75	74.5	81.2	69.3	69.4	89.1	76.7
CUE (%)	75	57.75	16.82	26.15	24.98	15.53	28.246
EA (%)	80	95.59	122.85	180.8	198.04	121.5	143.76
ES (%)	60	71.21	99.75	125.3	137.44	108.3	108.4

4.3. Análise das Eficiências

Os sistemas de irrigação por aspersão do tipo pivô central são projectados e fabricados para terem uma longa vida útil (aproximadamente de 15 a 25 anos). Assim sendo, não se pode desconsiderar os custos operacionais com energia e o desgaste que ocorrem nos itens que compõem o sistema, que estão directamente relacionados ao seu dimensionamento hidráulico, as demandas hídricas e ao manuseio de equipamentos. Para os pivôs de Mucombo quanto aos CUC e CUD, apresentam valores médios aceitáveis (bons), dentro dos valores recomendados. Em contra partida o valor do CUE, está abaixo do recomendado, o que influencia directamente nas eficiências de aplicação e do sistema que apresentam valores muito acima dos recomendados (108.4 a 143.73%), significando que existe uma perda de água no sistema.



São vários os factores que podem estar por de trás do problema, tal é o caso das condições climáticas da região, os pivôs apresentam as mangueiras de descida muito curto, isto é, as mangueiras de descida em relação a altura da cana são muito pequenas que aliadas as condições climáticas afecta na distribuição equitativa da água para a cultura, um dos elementos climáticos que mais afecta são os ventos que sopram naquela região.

Também se verifica que tem havido uma falha na redistribuição dos bocais ao longo do pivô, uma vez que estes devem ser distribuídos de uma forma gradual tem em conta que são as características deste equipamento de rega. Isto teria sido evitado se tivesse sido feita a manutenção deste equipamento sempre antes de se usar pois, segundo Bernardo (2013), as manutenções em pivôs centrais devem ser realizadas em carácter preventivo, ou seja, antes da ocorrência do problema maior.

As eficiências apresentando valores médios de 70.50% para eficiência do sistema e 109.25 para a eficiência de aplicação, estes números ultrapassam os 100% devido a ocorrências de fugas dentro do sistema e também aliado a má distribuição dos bocais em relação as torres dos pivô havendo desta maneira o uso excessivo da água pelo sistema, onde os valores são menores de 100%, significa a ocorrência ou défice da água dentro do sistema. Assim podemos dizer que apresentam valores aceitáveis embora em alguns casos necessitem de uma avaliação profunda do sistema no seu todo, pois apresentam problemas relacionados com fugas de água, o que influencia directamente na distribuição da água pelo equipamento, havendo assim zonas que são inundadas provocando a ocorrência de escoamento superficial dentro da área cultivada. Os valores recomendados para os valores das eficiências estão descritos nas tabelas 2 e 3.



Figura 7: Pivô com mangueiras de descida curtas
Fonte: Autor

Para as eficiências o sistema apresentou uma classificação de boa a aceitável uma vez que os valores obtidos variando de 44.6 a 186.13%, apresentam uma perda de água significativa dentro do sistema. Em termos de valores médios os pivôs de Mucombo apresentam valores aceitáveis para a irrigação pelo pivô central, visto que os valores obtidos aproxima-se aos recomendados, em relação aos pivôs de Aguiar (Xinavane) apresentam resultados de mau a bom com tendência a mau, havendo influência devido ao tipo de solos predominantes.

O gráfico presente na figura (7) mostra a aplicação de água pelo pivô, sendo a valor recomendado para a sua velocidade de 18 mm, verifica-se que há uma distribuição desigual da uniformidade de água causado pela distribuição não sequencial dos bocais e pela velocidade do pivô em relação ao tipo de textura do solo. Onde os valores abaixo do 18 representam zonas com problemas, isto é, zonas em que os bocais estão mal colocados, e as zonas com valores acima de 18 representam zonas com fugas de água dentro do conduto ou com Bocais maiores que os desenhados para essa região.

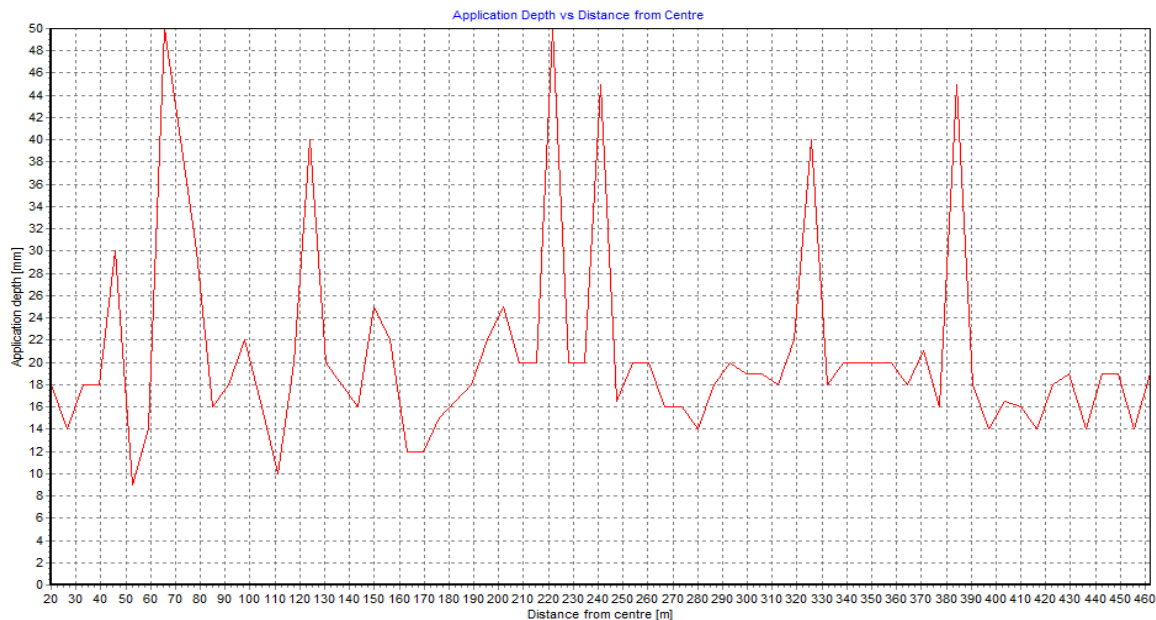


Figura 8: Aplicação de Água em Função da distância

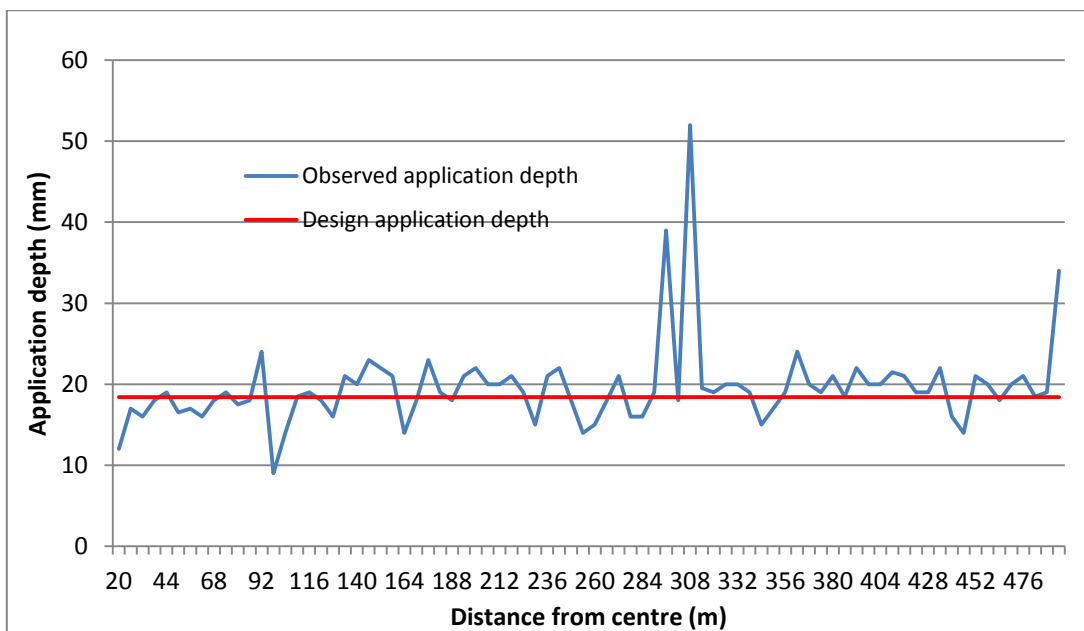


Figura 7.1. Os gráficos representam a distribuição da água aplicada em torno da área irrigada pelo pivô

Um dos grandes problemas verificado nos pivôs de Aguiar tem a ver com o escoamento superficial criado pela má aplicação da água pelos pivôs. Isto cria condições para que os pneus

pneumáticos tenham dificuldades na sua locomoção devido ao excesso de água como mostra a imagem.



Figura 9: Problemas causados pelo excesso de água aplicada pelo pivô
Fonte: Autor

4.1. Classificação dos solos

Quanto a classificação dos solos usando o método do triângulo textural, através dos resultados obtidos em laboratório, os solos de Aguiar e Mucombo a profundidades que variam entre 20 a 60 cm. Conformes apresentam os dados das tabelas 4 e 5 os solos de Aguiar podem ser classificados na base dos resultados obtidos como sendo solos de textura Argila arenosa, com cerca de 12% de material arenosa e 43% de material argilosa, e os solos de Mucombo de Areia Argilosas com cerca de 31% de material argiloso e 53% de material arenosa para solos de Mucombo.

Tabela 1:Classificação dos solos através do método de peneiro

Mucombo (MAGUDE)	20cm		40cm		60cm		Media
Abertura da Malha(mm)	Peso Retido (g)	Peso em (%)	Peso Retido (g)	Peso em (%)	Peso Retido (g)	Peso em (%)	P (%)
3.350	36.000	3.45	35.800	3.38	9.600	0.87	2.565
2.360	11.400	1.09	22.900	2.16	9.200	0.83	1.361
2.000	28.200	2.70	10.700	1.01	12.900	1.16	1.625
1.400	38.100	3.65	29.500	2.79	38.900	3.51	3.315
1.000	48.100	4.61	99.100	9.36	64.600	5.83	6.597
0.500	437.800	41.93	667.500	63.04	613.800	55.36	53.443
0.100	444.500	42.57	193.400	18.26	359.700	32.44	31.093
Total	1044.100	100	1058.900	100	1108.700	100	100
Classifi da Text do solo		Areia Argilosa		Areia Argilosa		Areia Argilosa	Areia Argilosa

Tabela 2:Classificação dos solos através do método de peneiro

Aguiar	20cm		40cm		60cm		Media
Abertura da Malha(mm)	Peso Retido (g)	Peso em (%)	Peso Retido (g)	Peso em (%)	Peso Retido (g)	Peso em (%)	P (%)
3.350	100.500	10.781	144.400	15.222	57.500	7.485	11.163
2.360	76.500	8.206	86.600	9.129	60.700	7.902	8.412
2.000	36.900	3.958	40.200	4.238	27.100	3.528	3.908
1.400	76.900	8.249	99.000	10.436	64.300	8.370	9.019
1.000	73.900	7.927	87.700	9.245	127.200	16.558	11.244
0.500	119.800	12.851	105.700	11.143	111.200	14.475	12.823
0.100	447.700	48.026	385.000	40.586	320.200	41.682	43.431
Total	932.200	100.000	948.600	100.000	768.200	100.000	100.000
Classificacao Da Textura		Arg. Arenosa		Arg. Arenosa		Arg. Arenosa	Arg. Arenosa

Para os valores da Velocidade de infiltração básica (VIB), os valores obtidos são os descritos nas tabelas 6 e 7 para Aguiar e Mucombo.

Tabela 3:VIB calculado para Aguiar e Mucombo em cm/h

VIB (Cm/h), Calculado				Media
VIB Mucombo	0.50	0.60	0.88	0.66
VIB Aguiar	0.0089	0.35	0.25	0.203

Tabela 4:VIB calculado em mm/h

VIB (mm/h), Calculado				Media
VIB Mucombo	5	6	8.8	6.6
VIB Aguiar	0.089	3.5	2.5	2.03

Analisando o solo através dos valores obtidos no VIB, conclui-se que trata-se de solos médios a pesado, sendo os solos de Mucombo de textura média onde a velocidade de infiltração básica da



água no solo ronda em termos de valores médios nos 6.6mm/h, estando dentro dos valores recomendados por (Bernardo *et al.*, (2006) que é de 5 a 15mm/h. Quanto aos solos de Aguiar baseando-se na mesma classificação são solos de textura pesada onde os valores encontrados de 2.03mm/h estão dentro dos recomendados que são menores que <5mm/h.

Segundo Bernardo e tal (2013), em sistema de rega por pivô central, quanto menor a capacidade de infiltração do solo (solos Pesados), menor deveria ser a lâmina aplicada por vez (maior deveria ser a velocidade de giro do pivô) e mais frequentes deverão ser as irrigações, a fim de se evitar a curva de precipitação do pivô atinja a de velocidade de infiltração de água no solo.

Segundo o mesmo autor a característica do pivô central é aplicar menor lâmina por vez e com maior frequência, este sistema se adapta melhor em solos com textura leve ou média do que aqueles com textura pesada. Quando se pretende usa-las em solos de textura pesada, deve-se caracterizar muito bem a intensidade de precipitação máxima do pivô e a capacidade de infiltração do solo a fim de evitar o escoamento superficial.

Tabela 5: Comparação dos resultados dos valores de aplicação de água e a capacidade de infiltração de água

Comparação de GA e VIB		
Pivôs	GA	VIB
D4	19.17	2.03
D6	18.93	2.03
A5	20.29	2.03
D8	10.22	2.03
D12	18.74	2.03

Segundo a tabela 8, os pivôs de Aguiar aplicam maior quantidade de água do que aquilo que o solo conseguiu infiltrar por dia, visto nas tabelas 6 e 7 que os solos que Aguiar são solos de textura pesada, eles aplicam maior lâmina de água comparativamente com que o solo conseguiu infiltrar originando assim o escoamento superficial.



Tabela 6: Comparação dos resultados dos valores de aplicação de água e a velocidade de infiltração da água.

Comparação de GA e VIB		
Pivôs	GA	VIB
PS2	15.38	6.6
PS3	16.07	6.6
PS4	8.85	6.6
PS5	8.8	6.6
PN6	15.5	6.6

Para a classificação dos solos de Mucombo segundo Bernardo e tal. 2006. A aplicação de água pelos pivôs de Mucombo é aceitável a bom pois estes estão dentro dos limites estabelecidos para os solos com a sua designação, isto é, os valores obtidos variam de 5 a 15mm/h recomendados pelo autor descrito a cima para solos de textura média.



V. CONCLUSÃO

Açucareira de Xinavane, localizada no Distrito da Manhica, Província de Maputo, foi feita a avaliação do desempenho de dez (10) pivôs centrais em diferentes tipos de textura de solo em Aguiar (Xinavane) e Mucombo (Magude).

As condições analisadas foram: A distribuição da água pelos pivôs usando os pluviómetros; a textura do solo e a velocidade de infiltração básica (VIB), para cada teste realizado foram determinados os coeficientes de uniformidades de Christiansen (CUC), o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), o coeficiente de uniformidade Estatístico (CUE), a eficiência de aplicação e a eficiência do sistema. Para os solos foram colhidas amostras de solo e avaliadas através do uso do método de peneiro e classificados através do método do triângulo textural.

Com base nas condições em que foram realizados os testes conclui-se que:

Os valores de CUC, CUD e CUE variaram 28,25 a 83.16%. Segundo os valores recomendados para estes coeficientes Bernardo *et al* (2013), variam de 60 a 85%, cinco pivôs classificaram-se como regulares e os outros cinco como irregulares.

Em função da não adopção de nenhum critério de manejo, as irrigações praticadas foram excessivas, nos pivôs D4, A5 e D8 (Aguiar) e quase todos os pivôs de Mucombo, onde os valores das eficiências variaram entre os 108,4 a 143.76%.

Os valores de eficiências de irrigação para área adequadamente irrigada de projecto, para Bernardo *et al*, (2013) variam os valores médios em 60 a 80%, o que significa que para atingir o nível ideal de eficiências deve-se descer a lâmina requerida em cerca de 60 a 80%.

A análise da irrigação aplicada revelou que as lâminas medias aplicadas durante o período foram inferiores (Mucombo), e Superiores (Aguiar) as lâminas requeridas, com a humidade do solo abaixo do requerido para Mucombo e acima do requerido em Aguiar.

As eficiências de aplicação e do sistema apresentaram problemas os pivôs D4 e D8 para Aguiar onde os valores da eficiência de aplicação estão acima dos valores recomendados isto aliado a ma distribuição dos bocais de descarga dos aspersores, fuga de água na conduta principal do pivô.



Para pivôs de Mucombo os pivôs apresentaram problemas nas suas eficiências devido a vários factores aliados as condições climáticas da região, a velocidade do vento, ao uso de mangueiras de descida curtos tendo em conta a altura da cana.

A análise dos solos classificou-se de pesados para Aguiar e médios a pesados para Mucombo. O que influencia directamente no funcionamento do sistema uma vez que um dos grandes problemas encontrados no dimensionamento de pivôs a o tipo de solos, isto porque em solos de textura pesada o pivô devera aplicar uma lâmina de água baixo com maior frequência e em solos de textura leve aplicar uma lâmina de água maior de modo a satisfazer as necessidades hídricas da cultura.

Com base nos resultados obtidos concluiu-se que os pivôs de Aguiar estão sendo operados de uma forma irregular, uma vez que os pivôs fornecem uma lâmina de água maior do que o solo consegue infiltrar, criando desse modo a ocorrência do escoamento superficial.

Os solos de Aguiar apresentaram um VIB, baixo o que significa que a lâmina de água aplicada devera se menor de modo a não ocorrerem os escoamentos superficial. Em Mucombo verifica-se quanto a infiltração que a lâmina aplicada esta em conformidade com a capacidade de infiltração de água no solo.

Finalmente os 10 pivôs avaliados em função da textura do solo que o seu desempenho é bom para Mucombo e mau para Aguiar, uma vez que os parâmetros avaliados apresentam algumas em relação aos valores recomendados dos mesmos.

VI. RECOMENDAÇÕES

6. Recomendações á AdX:

A avaliação do desempenho operacional de sistemas de irrigação tipo pivô central deve ser efectuada ao longo da vida útil dos equipamentos, visando orientar ajustes e correcções periódicas nas condições operacionais que permitem aperfeiçoar a alocação da água e da energia.

As avaliações devem ser feitas logo após o corte da cana de modo a permitir um melhor controlo do pivô. Para garantir-se a uniformidade de aplicação de água nos pivôs deve-se controlar a sequência de distribuição dos diâmetros dos (Bocais) ao longo do pivô. Conferir a relação dos bocais instalados devido à ocorrência de erros na listagem e/ou instalação dos bocais em campo.

Controlar a velocidade do pivô segundo as necessidades de água da cultura, respeitando o tipo de textura de solo neles inseridos;

Para os pivôs de Aguiar (Xinavane), na sua generalidade recomenda-se o controlo da velocidade dos pivôs de modo a satisfazer as necessidades hídricas da cultura respeitando a relação Água-Solo-Cultura, para garantir um maneio adequado do solo e prevenir o surgimento do Escoamento Superficial.

Manutenção das tubulações ao longo dos pivôs, dos avaliados os pivôs D4, D8 e D6 apresentaram mais problemas em relação a questão das tubulações perfuradas ou com uniões gastas;

Para Mucombo, visto que as condições climáticas tais como a velocidade do vento aliados a má distribuição sequencial dos (bocais) e a altura das mangueiras de descarga influenciam directamente na distribuição uniforme da água daí, recomenda-se o uso de mangueiras de descida longo de modo a permitir que as acções acima descritas não influenciem na uniformidade de distribuição de água a cultura;

Um outro factor que deve ser levado em conta é a temperatura, isto é, com as mudanças climáticas verificadas nos últimos anos as temperaturas daquela região de Magude (Mucombo) estão afectando directamente na evapotranspiração da cultura o que implica que é necessário fazer-se um estudo mais profundo em relação ao factor clima visto que este factor influencia no dimensionamento de sistemas de irrigação.



VII. Referências bibliográficas

- Mantovani, Bernardo e Palaretti, 2013. *Irrigação princípios e métodos* 3ª edição. Editora UFV, Brasil.
- RAPOSO, José Rasquilho, *A Rega Por Aspersão* clássica editora Lisboa.
- LENCASTRE, Armando, 1996 *Hidráulica Geral*, Editora LNEC, Lisboa
- CHISSICO, R. B, 2014. *Avaliação de Riscos Ambientais do Uso de Agro tóxicos na Produção da Cana-de-açúcar (Saccharum officinarum L) em Xinavane*. Manaus. Moçambique.
- LONGO, LOUREIRO, COSTA E DUNICILI, 1991. *Avaliação do desempenho de um pivô central de baixa pressão equipado com tubos de descida*. Revista Ceres.
- RICARDO SCHONS, 2006. *Avaliação de parâmetros de desempenho de sistemas de irrigação por pivôs centrais visando sua otimização operacional*, Brasil.
- Levantamento dos Regadios da Zona Sul, Volume II-C. Relatório Final, Junho 2002.
- CHRISTIANSEN, J.E. Irrigation by sprinkling. Berkeley: California Agricultural Station. 1942. 124p. Bulletin, 670.
- Bernardo, Soares e Mantovani, 2013. *Manual de Irrigação* 8ª edição. Editora UFV, Brasil.
- LIMA. F. M, et al 2014. *Avaliação de sistemas de irrigação por aspersão em malha em áreas cultivadas com capim-braquiária*, Revista Agropecuária Técnica, Volume 35 (1): 1-12. Brasil.
- Rodrigues, W.N, 2013. *Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação no sul do Estado do Espírito Santo*. Revista Agro@mbiente On-line, v.7,n2.p, 236-241.
- Carlesso, R. 1997. *Desempenho e uniformidade da Distribuição de água de um Pivô Central*. Revista Ciência Rural, Santa Maria Brasil.
- HEERMANN, D.F.; HEIN, P.R. Performance characteristics of self-propelled center pivot sprinkler irrigation systems. Transactions of the ASAE, 1968. 11- 15 p.
- KLEMP, S. M.; ZEILHOFER, P.; Análise preliminar da dinâmica de implantação de pivôs de irrigação central, de 1985-2005 na bacia hidrográfica do Alto rio das Mortes – MT, Brasil. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 Abril 2009, INPE, p. 4731-4738.
- KELLER, J; Sprinkler irrigation. Logan: Utah State University, 1984. 621p



FRIZZONE, J. A. NETO, D. D.; Avaliação de sistemas de irrigação. In: Miranda, J. H.; Pires, R. C. M. (ed) Irrigação – Jaboticabal; FUNEP, 2003. p. 573 – 651 (Série Engenharia Agrícola. Irrigação; 2).

GILLEY, J. R.; WATTS, D. G. Possible energy savings in irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Division, v. 103, n. 1R4, p.445-457, 1977.

SCHONS, R. L.; Avaliação de Parâmetros de Desempenho de Sistemas de Irrigação por Pivô Central Visando sua Optimização Operacional. 2006. 80f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2006.

VIII. APÊNDICES

Apêndice I

Comparação dos parâmetros calculados ou obtidos com os recomendados para os diversos coeficientes e eficiências do sistema.

Parametros	Valores recomendados	PIVOS					Media
		PN6 Mucomb	PS4 Mucomb	PS5 Mucomb	PS3 Mucomb	PS2 Mucomb	
CUC (%)	85	75.3	90.16	79.47	82.36	88.5	83.158
CUD (%)	75	74.5	81.2	69.3	69.4	89.1	76.7
CUE (%)	75	57.75	16.82	26.15	24.98	15.53	28.246
EA (%)	80	95.59	122.85	180.83	198.04	121.5	143.762
ES (%)	60	71.21	99.75	125.31	137.44	108.3	108.402

Quadro:1 Parâmetros Avaliados em Mucombo, comparados com os valores recomendados

Parametros	Valores recomendados	PIVOS					Media
		A5 AGUIAR	D4AGUIAR	D6 AGUIAR	D8 AGUIAR	A4AGUIAR	
CUC (%)	85	85.11	77	68.22	58.358	86.7	75.0776
CUD (%)	75	68.9	68.5	55.3	56.9	80.9	66.1
CUE (%)	75	76.78	56.93	20.32	23.35	78.22	51.12
EA (%)	80	94.03	101.35	80.72	186.13	84.01	109.248
ES (%)	60	64.7	69.35	44.6	105.9	67.96	70.502

Quadro:2 Parâmetros Avaliados nos pivôs de Aguiar e comparados com os valores recomendados

Apêndice II

Dados referentes a amostras de solos colhidos em Aguiar e Mucombo em profundidades que variam entre os 20 a 60 cm. Estes dados foram analisados e processados nos laboratórios do ISPG.

Capsula	20cm Muc	40cm Muc	60m Muc	20cm Agur	40cm Agur	60cmAgur
P. Capsula(g)	45.40	44.50	44.00	45.20	44.90	43.30
P.S.H (g)	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
P.S.Seco+ Capsula (g)	149.60	145.50	156.70	177.40	173.00	149.80
P.S.Seco (g)	104.20	101.00	112.70	132.20	128.10	106.50
P.H2O (g)	55.80	59.00	47.30	27.80	31.90	53.50
Teor de Humidade (%)	53.55	58.42	41.97	21.03	24.90	50.23
Media Mucombo (%)	51.312179					
Media Aguiar (%)	32.055302					

Quadro: 3 Cálculo do teor de Humidade no Laboratório do ISPG



Aguiar	20cm		40cm		60cm		Media
Abertura da Malha(mm)	Peso Retido (g)	Peso em (%)	Peso Retido (g)	Peso em (%)	Peso Retido (g)	Peso em (%)	P (%)
3.350	100.500	10.781	144.400	15.222	57.500	7.485	11.163
2.360	76.500	8.206	86.600	9.129	60.700	7.902	8.412
2.000	36.900	3.958	40.200	4.238	27.100	3.528	3.908
1.400	76.900	8.249	99.000	10.436	64.300	8.370	9.019
1.000	73.900	7.927	87.700	9.245	127.200	16.558	11.244
0.500	119.800	12.851	105.700	11.143	111.200	14.475	12.823
0.100	447.700	48.026	385.000	40.586	320.200	41.682	43.431
Total	932.200	100.000	948.600	100.000	768.200	100.000	100.000
Classificacao Da Textura		Arg. Arenosa		Arg. Arenosa		Arg. Arenosa	Arg. Arenosa

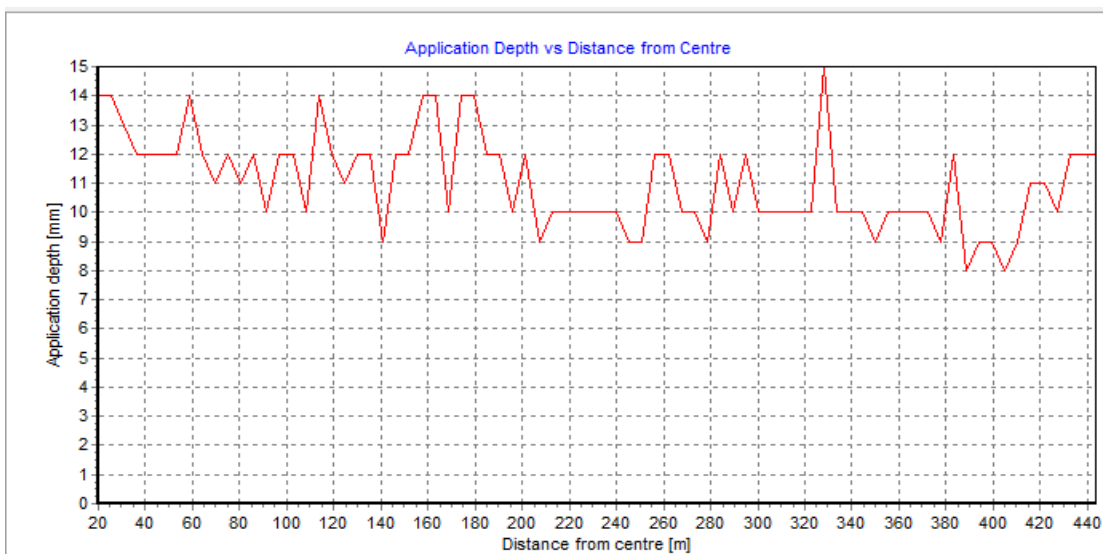
Quadro: 4 Classificação da textura do solo em Aguiar

Mucombo (MAGUDE)	20cm		40cm		60cm		Media
Abertura da Malha(mm)	Peso Retido (g)	Peso em (%)	Peso Retido (g)	Peso em (%)	Peso Retido (g)	Peso em (%)	P (%)
3.350	36.000	3.45	35.800	3.38	9.600	0.87	2.565
2.360	11.400	1.09	22.900	2.16	9.200	0.83	1.361
2.000	28.200	2.70	10.700	1.01	12.900	1.16	1.625
1.400	38.100	3.65	29.500	2.79	38.900	3.51	3.315
1.000	48.100	4.61	99.100	9.36	64.600	5.83	6.597
0.500	437.800	41.93	667.500	63.04	613.800	55.36	53.443
0.100	444.500	42.57	193.400	18.26	359.700	32.44	31.093
Total	1044.100	100	1058.900	100	1108.700	100	100
Classificacao da Textura do solo		Areia Argilosa		Areia Argilosa		Areia Argilosa	Areia Argilosa

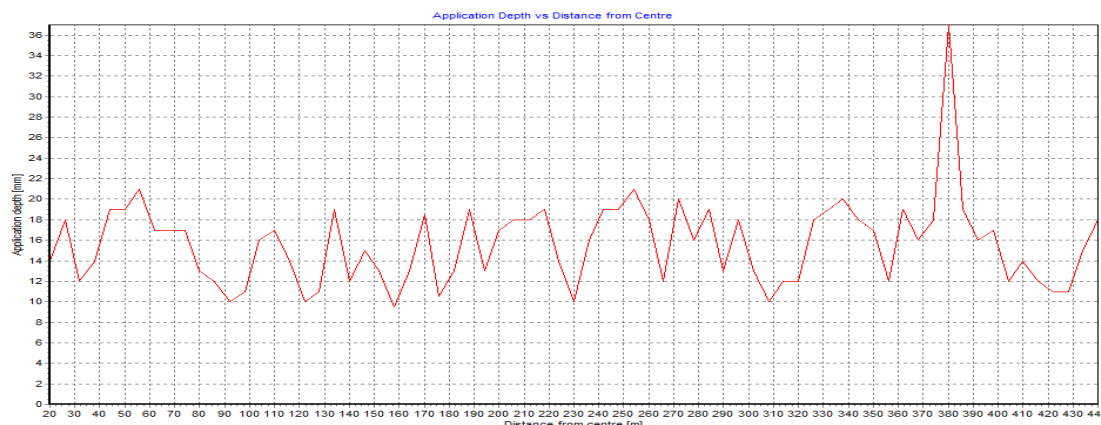
Quadro: 5 Classificação da Textura do solo em Mucombo

Apêndice III

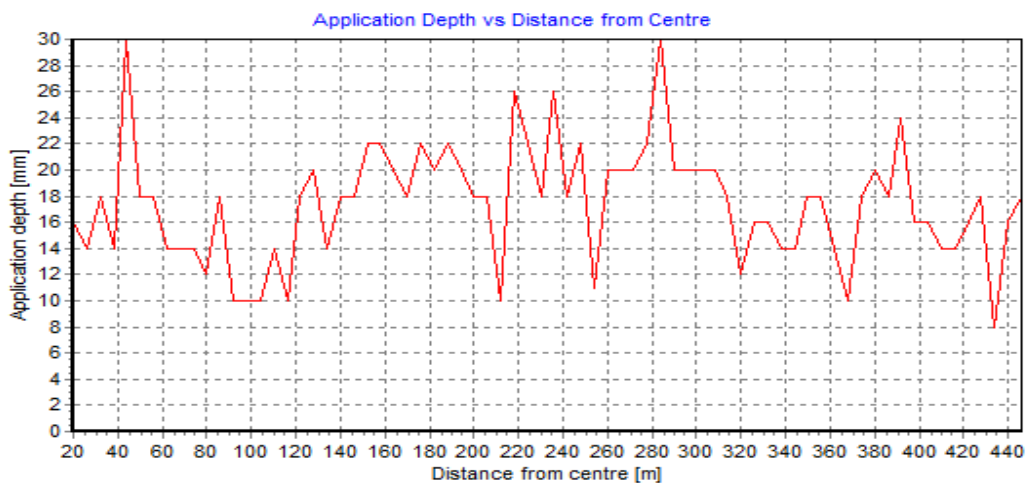
Gráficos que representam a distribuição da água dentro dos sistemas de rega por pivô avaliados em Aguiar e Mucombo que consistem na aplicação da água em função da distancia dos pivôs.



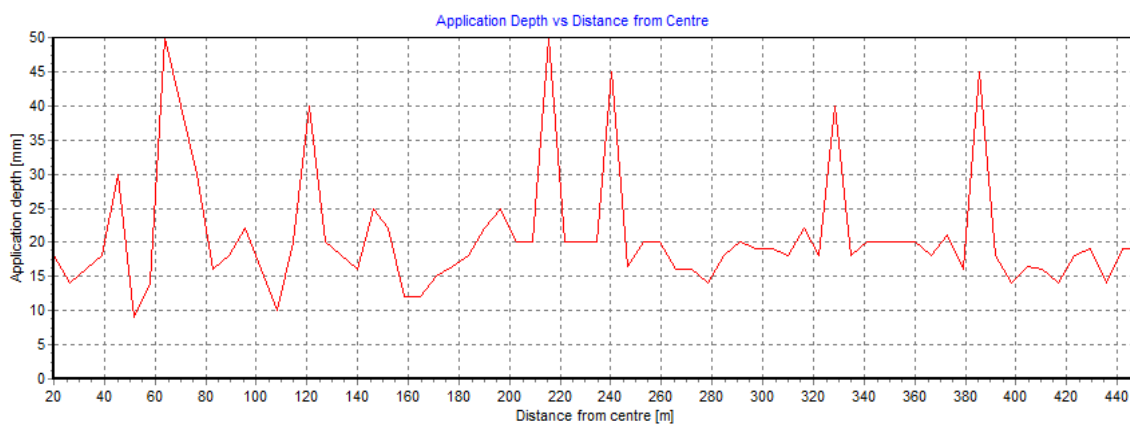
Pivô PS2



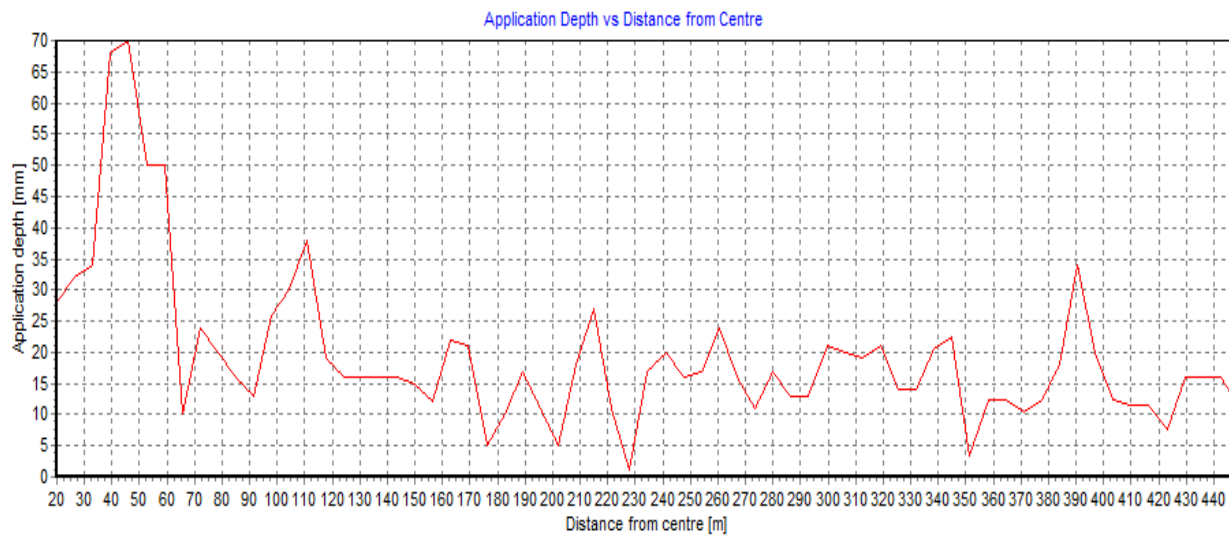
Pivô PS5



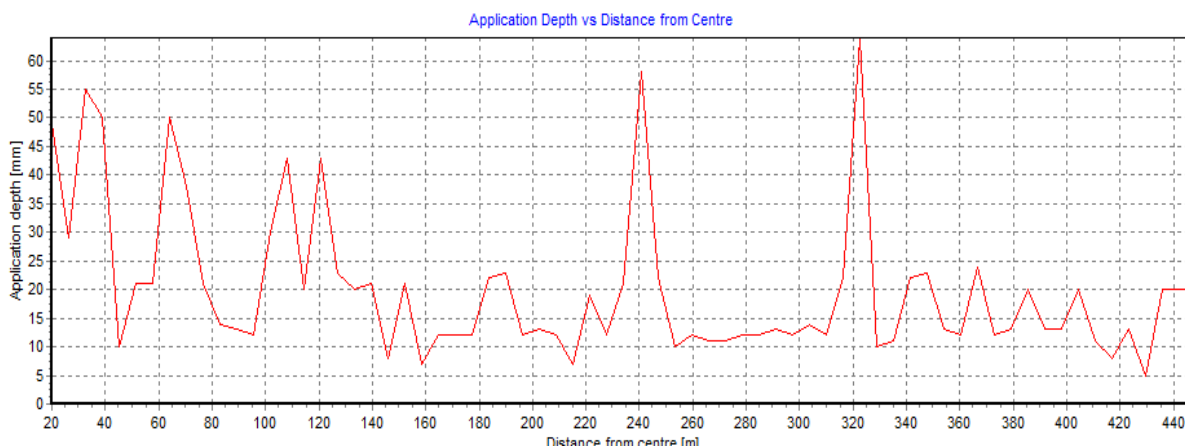
Pivô PS3



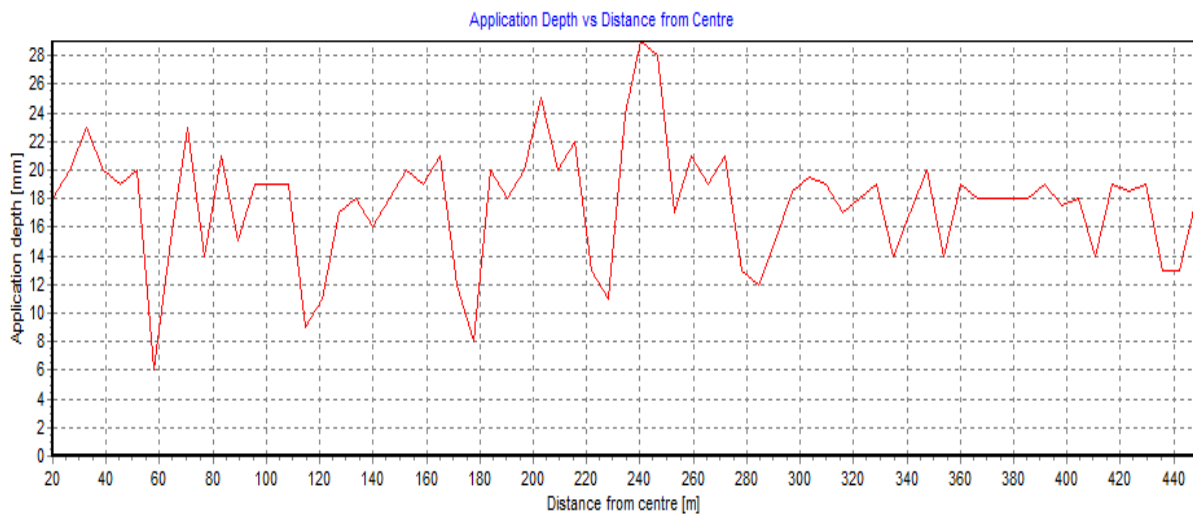
Pivô D04



Pivô D06



Pivô D08



Pivô A5

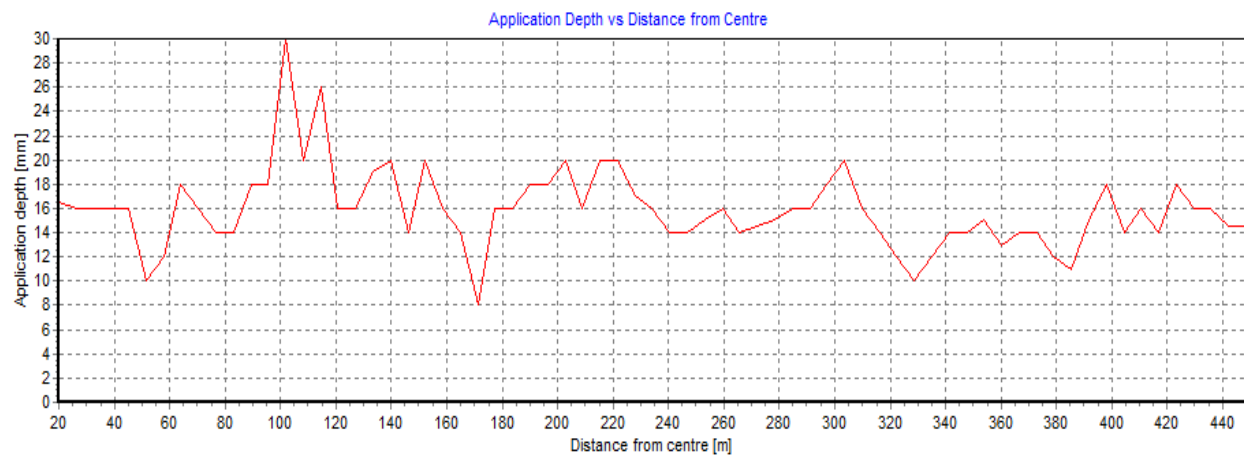




Tabela referente aos dados dos pluviómetros do pivô PS2 Mucombo

	Dat. Av	Area	Local		Dat. Av	Area	Local	
Velc 33%	PS2	65.4ha	Mucombo		Velc33%	PS2	65.4ha	Mucombo
Prec. Recom	Dist.	Soma.Dis	Precep.		Prec. Recom	Dist.	Soma.Dis	Precep.
15.15	6	20	14		15.15	6	242	10
15.15	6	26	13		15.15	6	248	10
15.15	6	32	12		15.15	6	254	10
15.15	6	38	12		15.15	6	260	10
15.15	6	44	12		15.15	6	266	9
15.15	6	50	12		15.15	6	272	9
15.15	6	56	14		15.15	6	278	12
15.15	6	62	12		15.15	6	284	12
15.15	6	68	12		15.15	6	290	10
15.15	6	74	11		15.15	6	296	10
15.15	6	80	12		15.15	6	302	8
15.15	6	86	11		15.15	6	308	12
15.15	6	92	10		15.15	6	314	10
15.15	6	98	12		15.15	6	320	12
15.15	6	104	12		15.15	6	326	10
15.15	6	110	10		15.15	6	332	10
15.15	6	116	14		15.15	6	338	10
15.15	6	122	12		15.15	6	344	10
15.15	6	128	11		15.15	6	350	10
15.15	6	134	12		15.15	6	356	15
15.15	6	140	12		15.15	6	362	10
15.15	6	146	9		15.15	6	368	10
15.15	6	152	12		15.15	6	374	9
15.15	6	158	12		15.15	6	380	10
15.15	6	164	14		15.15	6	386	10
15.15	6	170	14		15.15	6	392	10
15.15	6	176	10		15.15	6	398	10
15.15	6	182	14		15.15	6	404	10
15.15	6	188	14		15.15	6	410	10
15.15	6	194	12		15.15	6	416	10
15.15	6	200	12		15.15	6	422	9
15.15	6	206	10		15.15	6	428	12
15.15	6	212	12		15.15	6	434	12
15.15	6	218	19		15.15	6	440	12
15.15	6	224	10		15.15	6	446	12
15.15	6	230	10		15.15	6	452	12
15.15	6	236	10		15.15	6	458	12



Tabela referente aos dados do pivô D4 Aguiar

	Dat. Av	Area	Local		Dat. Av	Area	Local
Velc40%	D4	65.4ha	Aguiar	Velc 40%	D4	65.4ha	Aguiar
Prec. Recom	Dist.	Soma.Dist	Precep.	Prec. Recom	Dist.	Soma.Dist	Precep.
9.2	6.6	20	49	9.2	6.6	237.8	22
9.2	6.6	26.6	29	9.2	6.6	244.4	10
9.2	6.6	33.2	55	9.2	6.6	251	12
9.2	6.6	39.8	50	9.2	6.6	257.6	11
9.2	6.6	46.4	10	9.2	6.6	264.2	11
9.2	6.6	53	21	9.2	6.6	270.8	12
9.2	6.6	59.6	21	9.2	6.6	277.4	12
9.2	6.6	66.2	50	9.2	6.6	284	13
9.2	6.6	72.8	38	9.2	6.6	290.6	12
9.2	6.6	79.4	21	9.2	6.6	297.2	14
9.2	6.6	86	14	9.2	6.6	303.8	12
9.2	6.6	92.6	12	9.2	6.6	310.4	22
9.2	6.6	99.2	12	9.2	6.6	317	64
9.2	6.6	105.8	30	9.2	6.6	323.6	10
9.2	6.6	112.4	43	9.2	6.6	330.2	11
9.2	6.6	119	20	9.2	6.6	336.8	22
9.2	6.6	125.6	43	9.2	6.6	343.4	23
9.2	6.6	132.2	23	9.2	6.6	350	13
9.2	6.6	138.8	20	9.2	6.6	356.6	12
9.2	6.6	145.4	21	9.2	6.6	363.2	24
9.2	6.6	152	7	9.2	6.6	369.8	12
9.2	6.6	158.6	12	9.2	6.6	376.4	13
9.2	6.6	165.2	12	9.2	6.6	383	20
9.2	6.6	171.8	12	9.2	6.6	389.6	13
9.2	6.6	178.4	22	9.2	6.6	396.2	13
9.2	6.6	185	23	9.2	6.6	402.8	20
9.2	6.6	191.6	12	9.2	6.6	409.4	11
9.2	6.6	198.2	13	9.2	6.6	416	8
9.2	6.6	204.8	7	9.2	6.6	422.6	13
9.2	6.6	211.4	19	9.2	6.6	429.2	5
9.2	6.6	218	12	9.2	6.6	435.8	20
9.2	6.6	224.6	21	9.2	6.6	442.4	20
9.2	6.6	231.2	58	9.2	6.6	449	20
				9.2	6.6	455.6	19



Tabela referente aos dados dos pluviómetros do D06 Aguiar

	Dat. Av	Area	Local		Dat. Av	Area	Local
Velc 20%	D06	65.4ha	AGUIAR	Velc 20%	D06	65.4ha	AGUIAR
Prec. Recom	Dist.	Soma.Dist	Precp.	Prec. Recom	Dist.	Soma.Dist	Precp.
18.4	6	20	28	18.4	6	218	17
18.4	6	26	32	18.4	6	224	20
18.4	6	32	34	18.4	6	230	16
18.4	6	38	68	18.4	6	236	17
18.4	6	44	70	18.4	6	242	24
18.4	6	50	50	18.4	6	248	16
18.4	6	56	10	18.4	6	254	11
18.4	6	62	24	18.4	6	260	20
18.4	6	68	20	18.4	6	266	17
18.4	6	74	16	18.4	6	272	13
18.4	6	80	13	18.4	6	278	21
18.4	6	86	26	18.4	6	284	19
18.4	6	92	30	18.4	6	290	21
18.4	6	98	38	18.4	6	296	14
18.4	6	104	19	18.4	6	302	14
18.4	6	110	16	18.4	6	308	20.5
18.4	6	116	16	18.4	6	314	22.5
18.4	6	122	16	18.4	6	320	3.5
18.4	6	128	16	18.4	6	326	12.5
18.4	6	134	15	18.4	6	332	12.5
18.4	6	140	12	18.4	6	338	10.5
18.4	6	146	22	18.4	6	344	12.5
18.4	6	152	21	18.4	6	350	18
18.4	6	158	5	18.4	6	356	34
18.4	6	164	10	18.4	6	362	20
18.4	6	170	17	18.4	6	368	8
18.4	6	176	11	18.4	6	374	12.5
18.4	6	182	5	18.4	6	380	11.5
18.4	6	188	18	18.4	6	386	11.5
18.4	6	194	27	18.4	6	392	18
18.4	6	200	21	18.4	6	398	18
18.4	6	206	11	18.4	6	404	7.5
18.4	6	212	11	18.4	6	410	16
				18.4	6	416	11.5



Tabela de dados colectados no pivô PN6 em Mucombo

	Dat. Av	Area	Local		Dat. Av	Area	Local
Velc 33%	PN6	65.4ha	AGUIAR	Velc 33%	PN6	65.4ha	AGUIAR
Prec. Recom	Dist.	Soma.Dist	Precep.	Prec. Recom	Dist.	Soma.Dist	Precep.
13.76		20	18	13.76		223.5	14
13.76	5.5	25.5	20	13.76		229	20
13.76		31	32	13.76		234.5	10
13.76		36.5	40	13.76		240	12
13.76		42	48	13.76		245.5	10
13.76		47.5	40	13.76		251	10
13.76		53	18	13.76		256.5	20
13.76		58.5	20	13.76		262	12
13.76		64	14	13.76		267.5	20
13.76		69.5	10	13.76		273	10
13.76		75	19	13.76		278.5	12
13.76		80.5	25	13.76		284	10
13.76		86	20	13.76		289.5	18
13.76		91.5	16	13.76		295	20
13.76		97	6	13.76		300.5	14
13.76		102.5	10	13.76		306	10
13.76		108	14	13.76		311.5	14
13.76		113.5	22	13.76		317	16
13.76		119	22	13.76		322.5	10
13.76		124.5	10	13.76		328	12
13.76		130	10	13.76		333.5	14
13.76		135.5	10	13.76		339	12
13.76		141	12	13.76		344.5	16
13.76		146.5	10	13.76		350	18
13.76		152	10	13.76		355.5	14
13.76		157.5	14	13.76		361	12
13.76		163	20	13.76		366.5	10
13.76		168.5	20	13.76		372	12
13.76		174	9	13.76		377.5	10
13.76		179.5	10	13.76		383	12
13.76		185	12	13.76		388.5	10
13.76		190.5	12	13.76		394	10
13.76		196	18	13.76		399.5	12
13.76		201.5	12	13.76		405	10
13.76		207	12	13.76		410.5	10
13.76		212.5	18	13.76		416	11
13.76		218	14	13.76		421.5	10



Tabela de dados colectados no pivô central A4 em Aguiar

	Dat. Av	Area	Local		Dat. Av	Area	Local
Velc 20%	A4	65.4ha	AGUIAR	Velc 20%	A4	65.4ha	AGUIAR
Prec. Recom	Dist.	Soma. Dist	Precep.	Prec. Recom	Dist.	Soma. Dist	Precep.
18.4	6.5	20	16.5	18.4	6.5	241	14
18.4	6.5	26.5	16	18.4	6.5	247.5	15
18.4	6.5	33	16	18.4	6.5	254	14
18.4	6.5	39.5	16	18.4	6.5	260.5	16
18.4	6.5	46	16	18.4	6.5	267	14
18.4	6.5	52.5	10	18.4	6.5	273.5	14.5
18.4	6.5	59	12	18.4	6.5	280	15
18.4	6.5	65.5	18	18.4	6.5	286.5	16
18.4	6.5	72	16	18.4	6.5	293	16
18.4	6.5	78.5	14	18.4	6.5	299.5	14
18.4	6.5	85	14	18.4	6.5	306	8
18.4	6.5	91.5	18	18.4	6.5	312.5	20
18.4	6.5	98	30	18.4	6.5	319	16
18.4	6.5	104.5	20	18.4	6.5	325.5	14
18.4	6.5	111	16	18.4	6.5	332	12
18.4	6.5	117.5	16	18.4	6.5	338.5	10
18.4	6.5	124	19	18.4	6.5	345	12
18.4	6.5	130.5	20	18.4	6.5	351.5	14
18.4	6.5	137	14	18.4	6.5	358	14
18.4	6.5	143.5	20	18.4	6.5	364.5	15
18.4	6.5	150	16	18.4	6.5	371	12
18.4	6.5	156.5	14	18.4	6.5	377.5	14
18.4	6.5	163	8	18.4	6.5	384	14
18.4	6.5	169.5	16	18.4	6.5	390.5	12
18.4	6.5	176	16	18.4	6.5	397	11
18.4	6.5	182.5	18	18.4	6.5	403.5	15
18.4	6.5	189	18	18.4	6.5	410	18
18.4	6.5	195.5	20	18.4	6.5	416.5	14
18.4	6.5	202	16	18.4	6.5	423	16
18.4	6.5	208.5	20	18.4	6.5	429.5	14
18.4	6.5	215	20	18.4	6.5	436	18
18.4	6.5	221.5	17	18.4	6.5	442.5	16
18.4	6.5	228	16	18.4	6.5	449	16
18.4	6.5	234.5	14	18.4	6.5	455.5	14.5



Tabela de dados colectados no pivô central A5 em Aguiar

	Dat. Av	Area	Local		Dat. Av	Area	Local
Velc 20%	A5	65.4ha	AGUIAR	Velc 20%	A5	65.4ha	AGUIAR
Prec. Recom	Dist.	Soma.Dis t	Precp.	Prec. Recom	Dist.	Soma.Dis t	Precp.
18.4	6.5	20	18	18.4	6.4	247.5	24
18.4	6.5	26.5	20	18.4	6.4	254	29
18.4	6.5	33	23	18.4	6.4	260.5	2.8
18.4	6.5	39.5	20	18.4	6.4	267	17
18.4	6.5	46	19	18.4	6.4	273.5	21
18.4	6.5	52.5	20	18.4	6.4	280	19
18.4	6.5	59	6	18.4	6.4	286.5	21
18.4	6.5	65.5	15	18.4	6.4	293	13
18.4	6.5	72	23	18.4	6.4	299.5	12
18.4	6.5	78.5	14	18.4	6.4	306	15
18.4	6.5	85	21	18.4	6.4	312.5	18
18.4	6.5	91.5	15	18.4	6.4	319	19.5
18.4	6.5	98	19	18.4	6.4	325.5	19
18.4	6.5	104.5	19	18.4	6.4	332	17
18.4	6.5	111	19	18.4	6.4	338.5	18
18.4	6.5	117.5	19	18.4	6.4	345	19
18.4	6.5	124	9	18.4	6.4	351.5	14
18.4	6.5	130.5	11	18.4	6.4	358	17
18.4	6.5	137	17	18.4	6.4	364.5	20
18.4	6.5	143.5	18	18.4	6.4	371	14
18.4	6.5	150	16	18.4	6.4	377.5	19
18.4	6.5	156.5	18	18.4	6.4	384	18
18.4	6.5	163	20	18.4	6.4	390.5	18
18.4	6.5	169.5	19	18.4	6.4	397	18
18.4	6.5	176	21	18.4	6.4	403.5	18
18.4	6.5	182.5	12	18.4	6.4	410	19
18.4	6.5	189	8	18.4	6.4	416.5	17.5
18.4	6.5	195.5	20	18.4	6.4	423	18
18.4	6.5	202	18	18.4	6.4	429.5	14
18.4	6.5	208.5	20	18.4	6.4	436	19
18.4	6.5	215	25	18.4	6.4	442.5	18.5
18.4	6.5	221.5	20	18.4	6.4	449	19
18.4	6.5	228	22	18.4	6.4	455.5	13
18.4	6.5	234.5	13	18.4	6.4	462	18
18.4	6.5	241	11				



Tabela de dados colectados no pivô central D8 em Aguiar

	Dat. Av	Area	Local		Dat. Av	Area	Local
Velc 20%	D8	65.4ha	AGUIAR	Velc 20%	D8	65.4ha	AGUIAR
Prec. Recom	Dist.	Soma.Dist	Precp.	Prec. Recom	Dist.	Soma.Dist	Precp.
18.4	6.6	20	16.5	18.4	6.6	241	14
18.4	6.6	26.5	16	18.4	6.6	247.5	15
18.4	6.6	33	16	18.4	6.6	254	14
18.4	6.6	39.5	16	18.4	6.6	260.5	16
18.4	6.6	46	16	18.4	6.6	267	14
18.4	6.6	52.5	10	18.4	6.6	273.5	14.5
18.4	6.6	59	12	18.4	6.6	280	15
18.4	6.6	65.5	18	18.4	6.6	286.5	16
18.4	6.6	72	16	18.4	6.6	293	16
18.4	6.6	78.5	14	18.4	6.6	299.5	14
18.4	6.6	85	14	18.4	6.6	306	8
18.4	6.6	91.5	18	18.4	6.6	312.5	20
18.4	6.6	98	30	18.4	6.6	319	16
18.4	6.6	104.5	20	18.4	6.6	325.5	14
18.4	6.6	111	16	18.4	6.6	332	12
18.4	6.6	117.5	16	18.4	6.6	338.5	10
18.4	6.6	124	19	18.4	6.6	345	12
18.4	6.6	130.5	20	18.4	6.6	351.5	14
18.4	6.6	137	14	18.4	6.6	358	14
18.4	6.6	143.5	20	18.4	6.6	364.5	15
18.4	6.6	150	16	18.4	6.6	371	12
18.4	6.6	156.5	14	18.4	6.6	377.5	14
18.4	6.6	163	8	18.4	6.6	384	14
18.4	6.6	169.5	16	18.4	6.6	390.5	12
18.4	6.6	176	16	18.4	6.6	397	11
18.4	6.6	182.5	18	18.4	6.6	403.5	15
18.4	6.6	189	18	18.4	6.6	410	18
18.4	6.6	195.5	20	18.4	6.6	416.5	14
18.4	6.6	202	16	18.4	6.6	423	16
18.4	6.6	208.5	20	18.4	6.6	429.5	14
18.4	6.6	215	20	18.4	6.6	436	18
18.4	6.6	221.5	17	18.4	6.6	442.5	16
18.4	6.6	228	16	18.4	6.6	449	16
18.4	6.6	234.5	14	18.4	6.6	455.5	14.5



Apêndice V.

Tabela: Dados colectados do anel de infiltração em Mucombo

Tempo	T. Acomul	Leitura (cm)	Reposicao	Dif. Leit	Leit.Acom	X	Y	X*Y	X^2
0	0	5.72		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	5	5.93		0.21	0.21	0.70	-0.68	-0.47	0.49
5	10	6.10		0.17	0.38	1.00	-0.42	-0.42	1.00
5	15	6.15		0.05	0.43	1.18	-0.37	-0.43	1.38
5	20	6.25		0.10	0.53	1.30	-0.28	-0.36	1.69
5	25	6.35		0.10	0.63	1.40	-0.20	-0.28	1.95
5	30	6.45	5.72	0.10	0.73	1.48	-0.14	-0.20	2.18
5	35	5.72		0.73	1.46	1.54	0.16	0.25	2.38
5	40	5.75		0.03	1.49	1.60	0.17	0.28	2.57
5	45	5.85		0.10	1.59	1.65	0.20	0.33	2.73
5	50	5.98		0.13	1.72	1.70	0.24	0.40	2.89
5	55	6.12		0.14	1.86	1.74	0.27	0.47	3.03
5	60	6.19		0.07	1.93	1.78	0.29	0.51	3.16
5	65	6.32		0.13	2.06	1.81	0.31	0.57	3.29
5	70	6.45		0.13	2.19	1.85	0.34	0.63	3.40
5	75	6.52		0.07	2.26	1.88	0.35	0.66	3.52
5	80	6.67		0.15	2.41	1.90	0.38	0.73	3.62
5	85	6.70	5.93	0.03	2.44	1.93	0.39	0.75	3.72
5	90	5.93		0.77	3.21	1.95	0.51	0.99	3.82
5	95	6.05		0.12	3.33	1.98	0.52	1.03	3.91
5	100	6.10		0.05	3.38	2.00	0.53	1.06	4.00
5	105	6.20		0.10	3.48	2.02	0.54	1.09	4.09
5	110	6.32		0.12	3.60	2.04	0.56	1.14	4.17
5	115	6.45		0.13	3.73	2.06	0.57	1.18	4.25
10	125	6.64	5.72	0.19	3.92	2.10	0.59	1.24	4.40
10	135	5.72		0.92	4.84	2.13	0.68	1.46	4.54
10	145	5.85		0.13	4.97	2.16	0.70	1.51	4.67
10	155	6.05		0.20	5.17	2.19	0.71	1.56	4.80
10	165	6.28		0.23	5.40	2.22	0.73	1.62	4.92
10	175	6.50	5.75	0.22	5.62	2.24	0.75	1.68	5.03
10	185	5.75		0.22	5.84	2.27	0.77	1.74	5.14
10	195	6.00		0.25	6.09	2.29	0.78	1.80	5.24
10	205	6.18		0.18	6.27	2.31	0.80	1.84	5.34
10	215	6.45		0.27	6.54	2.33	0.82	1.90	5.44
10	225	6.70		0.25	6.79	2.35	0.83	1.96	5.53
				Total	106.50	63.08	12.42	28.21	122.30



Dados de infiltração

Tempo(mm)	Leitura (cm)	Dif. Leit	Leit.Acom	X	Y	X*Y	X^2
0	9.45	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
5	9.93	0.48	0.48	0.70	-0.32	-0.22	0.49
10	10.15	0.22	0.7	1.00	-0.15	-0.15	1.00
15	10.22	0.07	0.77	1.18	-0.11	-0.13	1.38
20	10.32	0.1	0.87	1.30	-0.06	-0.08	1.69
25	10.48	0.16	1.03	1.40	0.01	0.02	1.95
30	9.72	0.76	1.79	1.48	0.25	0.37	2.18
35	9.83	0.11	1.9	1.54	0.28	0.43	2.38
40	9.95	0.12	2.02	1.60	0.31	0.49	2.57
45	10.15	0.2	2.22	1.65	0.35	0.57	2.73
50	10.27	0.12	2.34	1.70	0.37	0.63	2.89
55	10.34	0.07	2.41	1.74	0.38	0.66	3.03
60	10.49	0.15	2.56	1.78	0.41	0.73	3.16
65	10.58	0.09	2.65	1.81	0.42	0.77	3.29
70	10.69	0.11	2.76	1.85	0.44	0.81	3.40
75	10.18	-0.51	2.25	1.88	0.35	0.66	3.52
80	10.25	0.07	2.32	1.90	0.37	0.70	3.62
85	10.37	0.12	2.44	1.93	0.39	0.75	3.72
90	10.53	0.16	2.6	1.95	0.41	0.81	3.82
95	10.63	0.1	2.7	1.98	0.43	0.85	3.91
105	10.73	0.1	2.8	2.02	0.45	0.90	4.09
115	9.72	1.01	3.81	2.06	0.58	1.20	4.25
125	9.93	0.21	4.02	2.10	0.60	1.27	4.40
135	10.2	0.27	4.29	2.13	0.63	1.35	4.54
145	10.55	0.35	4.64	2.16	0.67	1.44	4.67
155	10.75	0.2	4.84	2.19	0.68	1.50	4.80
165	7.2	0.2	5.04	2.22	0.70	1.56	4.92
175	10.07	2.87	7.91	2.24	0.90	2.01	5.03
185	10.35	0.28	8.19	2.27	0.91	2.07	5.14
195	10.7	0.35	8.54	2.29	0.93	2.13	5.24
		Total	90.89	52.04	11.59	24.09	97.81

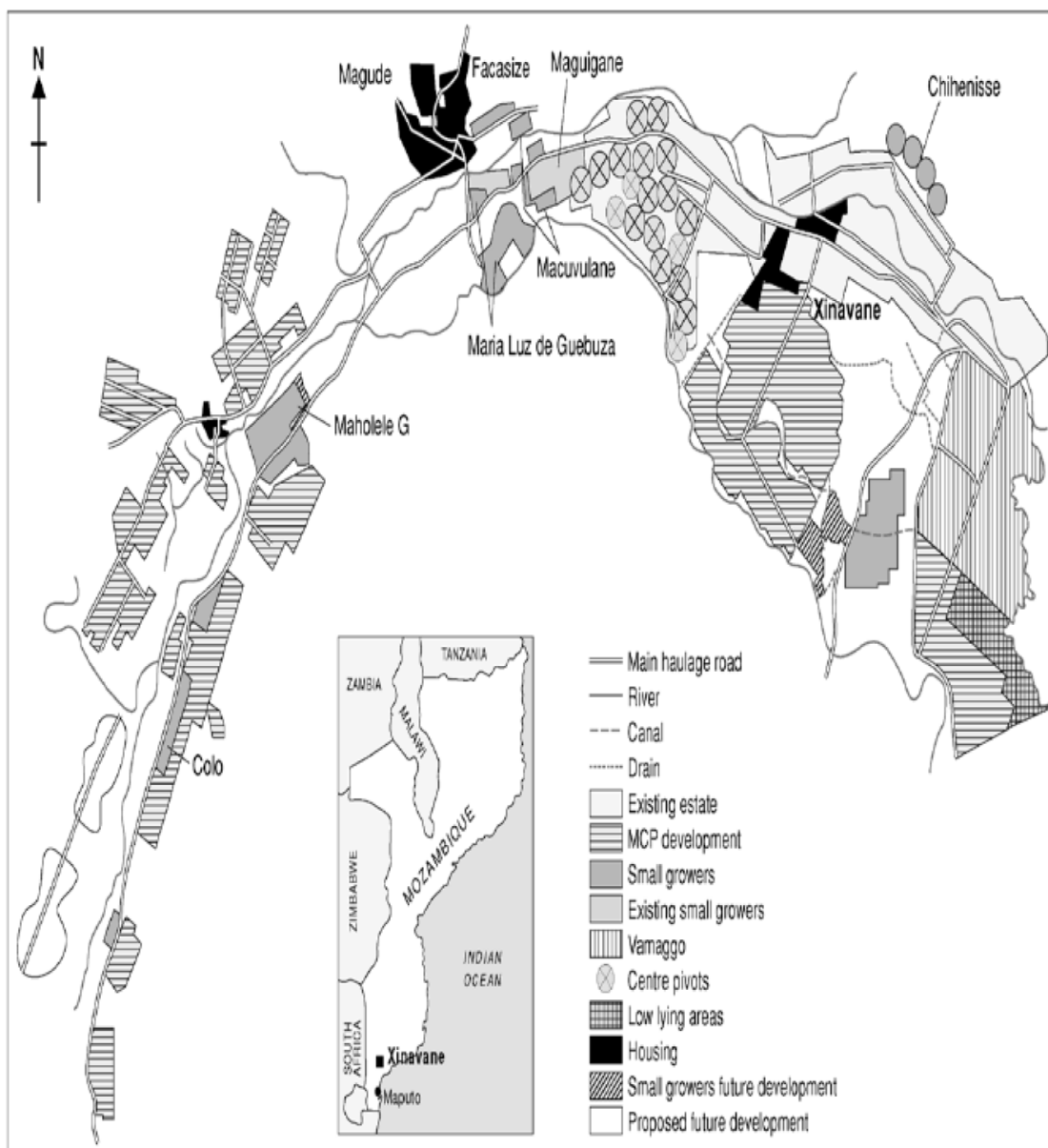


Dados de infiltração

T.Acom (mm)	Leitura (cm)	Dif. Leit	Leit.Acom	X (logT)	y(LogA)	X*Y	X^2
0	7.1	0	0	0	0	0	0
5	7.1	0	0	0.69897	0	0	0
10	7.3	0.2	0.2	1	-0.699	-0.699	1
15	7.5	0.2	0.4	1.17609	-0.3979	-0.468	1.38319
20	7.6	0.1	0.5	1.30103	-0.301	-0.3916	1.69268
25	7.8	0.2	0.7	1.39794	-0.1549	-0.2165	1.95424
30	7.9	0.1	0.8	1.47712	-0.0969	-0.1431	2.18189
35	7.9	0	0.8	1.54407	-0.0969	-0.1496	2.38415
40	8	0.1	0.9	1.60206	-0.0458	-0.0733	2.5666
45	8.1	0.1	1	1.65321	0	0	2.73311
50	8.1	0	1	1.69897	0	0	2.8865
55	8.2	0.1	1.1	1.74036	0.04139	0.07204	3.02886
60	8.3	0.1	1.2	1.77815	0.07918	0.1408	3.16182
65	8.4	0.1	1.3	1.81291	0.11394	0.20657	3.28665
70	8.6	0.2	1.5	1.8451	0.17609	0.32491	3.40439
75	8.6	0	1.5	1.87506	0.17609	0.33018	3.51585
80	8.7	0.1	1.6	1.90309	0.20412	0.38846	3.62175
85	8.8	0.1	1.7	1.92942	0.23045	0.44463	3.72266
90	8.9	0.1	1.8	1.95424	0.25527	0.49886	3.81906
95	8.9	0	1.8	1.97772	0.25527	0.50486	3.91139
100	9	0.1	1.9	2	0.27875	0.55751	4
105	9.1	0.1	2	2.02119	0.30103	0.60844	4.08521
110	9.2	0.1	2.1	2.04139	0.32222	0.65778	4.16728
115	9.3	0.1	2.2	2.0607	0.34242	0.70563	4.24648
120	9.3	0	2.2	2.07918	0.34242	0.71196	4.32299
125	9.4	0.1	2.3	2.09691	0.36173	0.75851	4.39703
130	9.7	0.3	2.6	2.11394	0.41497	0.87723	4.46876
135	9.8	0.1	2.7	2.13033	0.43136	0.91895	4.53832
140	9.8	0	2.7	2.14613	0.43136	0.92576	4.60587
145	9.9	0.1	2.8	2.16137	0.44716	0.96647	4.67151
150	9.9	0	2.8	2.17609	0.44716	0.97306	4.73537
155	10	0.1	2.9	2.19033	0.4624	1.0128	4.79755
160	10	0	2.9	2.20412	0.4624	1.01918	4.85814
165	10.1	0.1	3	2.21748	0.47712	1.05801	4.91724
170	10.2	0.1	3.1	2.23045	0.49136	1.09596	4.9749
175	10.2	0	3.1	2.24304	0.49136	1.10214	5.03122
180	10.3	0.1	3.2	2.25527	0.50515	1.13925	5.08625
Total				66.7335	6.74978	15.8587	128.159

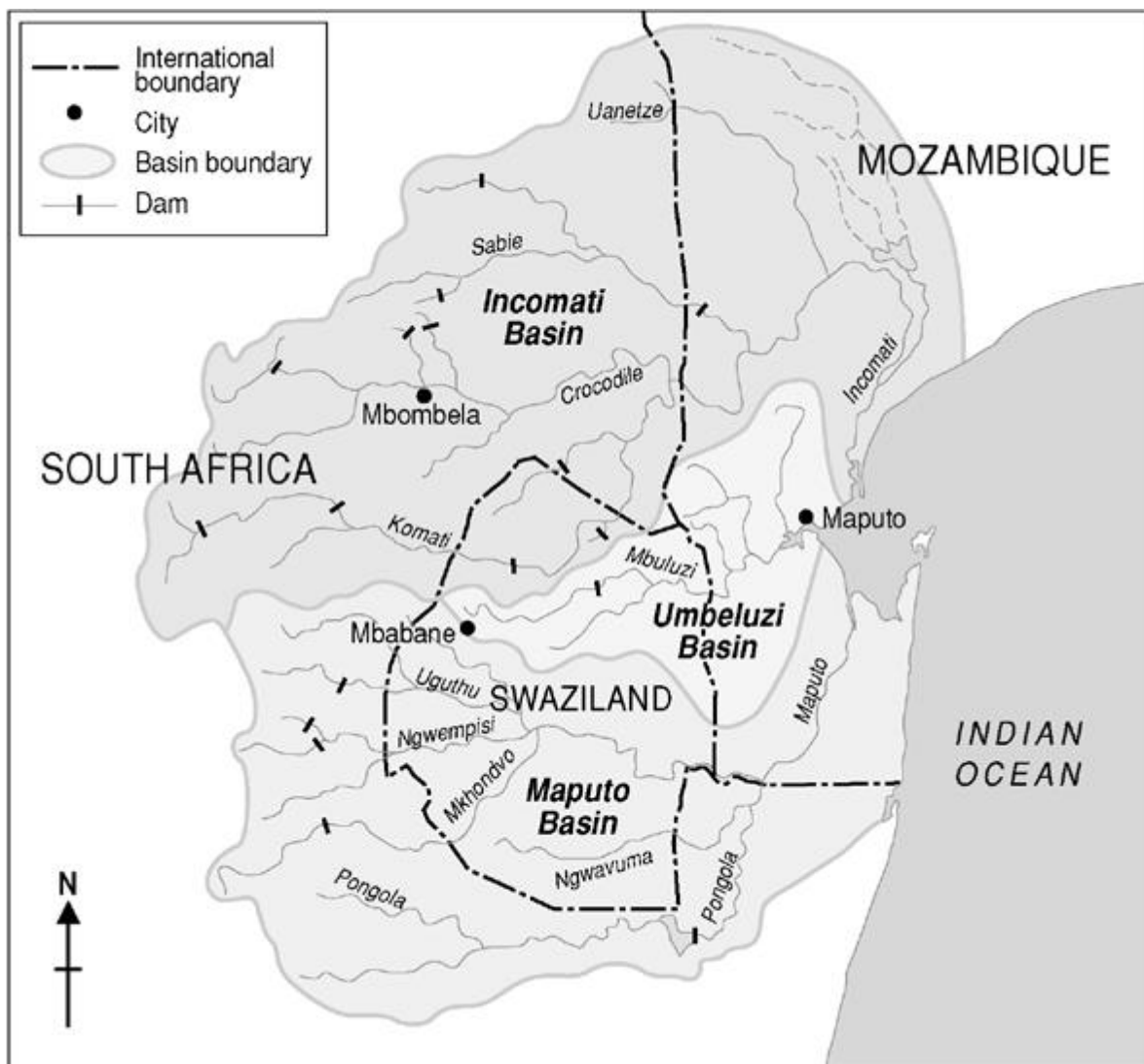
IX. ANEXOS

Implementação da ADX no Vale do Incomáti 2009



Fonte: O'Laughlin (2013)

Região da Bacia do Incomati.



Fonte: Carmo Vaz e Van der Zaag 2003:3