



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

ESCOLA SUPERIOR DE DESENVOLVIMENTO RURAL

DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO AGRÁRIA

**Estimativa da Área Foliar de Milho (*Zea mays*) variedade PAN 53: Estudo do
Caso de Distrito de Vilankulo na Empresa JAM**

Licenciatura em Produção Agrícola

Autor:

Filipe Domingos Siteo

VILANKULO

2016

Filipe Domingos Siteo

**Estimativa da Área Foliar de Milho (*Zea mays*) variedade PAN 53: Estudo do
Caso de Distrito de Vilankulo na Empresa JAM**

Trabalho de Culminação de Curso
apresentado ao Departamento de
Produção Agrária da
Universidade Eduardo Mondlane
– Escola Superior de
Desenvolvimento Rural para a
obtenção do grau de Licenciatura
em Produção Agrícola

Supervisor:

Eng^o: Sosdito Mananze

UEM - ESUDER

VILANKULO

2016

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro por minha honra que este trabalho é da minha autoria e resulta da investigação por mim realizada e das orientações do meu supervisor. Todas as fontes estão referenciadas não contendo nenhum plágio, este trabalho nunca foi apresentado para aprovação nesta instituição. Esta é a primeira vez que é submetido para obter um grau académico numa instituição de ensino superior.

Vilankulo, aos ____ de Junho de 2016

(Filipe Domingos Siteo)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu irmão Óscar Siteo e aos meus pais Domingos Siteo e Helena Chirindzane que me ajudaram moralmente e financeiramente, deram melhores conselhos e motivação para ir avante com os estudos.

AGRADECIMENTO

Endereço a minha gratidão a Deus todo-poderoso, aos meus familiares em particular ao meu pai Domingos Siteo, a minha mãe Helena Chirindzane e o meu irmão Óscar Siteo pelo apoio e educação moral fornecida desde a minha infância, ingresso na escola primária até a minha conclusão da licenciatura, o meu muito obrigado pela vossa persistência.

Ao meu supervisor engenheiro Sosdito Mananze, pela orientação e apoio fornecidos durante a realização do trabalho.

A todos docentes da licenciatura, especialmente do curso da produção Agrícola, o meu muito obrigado pelos ensinamentos dados. A todos não mencionados que directo ou indirectamente contribuíra para a realização deste trabalho.

LISTA DE ABREVIATURA, SIGLAS E SIMBOLOS

Lista de Abreviatura

R_n: estagio reprodutivo n.

EF: Eficiência

V_n: estágio vegetativo n

n: folha de referência

N: número de folhas na planta

NP: número de plantas

C: compasso

C: comprimento

L: largura

A: área

Lista de Siglas

RMSE: raiz do quadrado médio do erro

SPSS: *Statistical Package for Social Sciences*

ETD: Equipa Técnica Distrital

USAID: United States Agency for International Development

UEM - Universidade Eduardo Mondlane

MAP: fosfato-mono amónico

VPA: Variedade de Polinização Aberta

JAM: *Joint Aid Management*

IAF: índice de área foliar

AF: área foliar (m²)

AT: área de terreno (cm²).

Lista de Símbolos

cm: centímetro

ha: hectar

f: factor de correcção;

R²: coeficiente de determinação

R: coeficiente de correlação

a: intercepto

b: declividade

d: índice de concordância/ willmott

α : nível de significância

LISTA DE FIGURAS, TABELAS E GRÁFICOS

Lista de Figuras

Figura 1: Estágio de três folhas completamente desenvolvidas.	7
Figura 2: Estágio de seis folhas completamente desenvolvidas.	7
Figura 3: Milho no estágio VT	9
Figura 4: Planta da cultura de milho na R ₁	10
Figura 5: Localização da área do estudo	17

Lista de Tabelas

Tabela 1: Estágios vegetativos e reprodutivos da planta de milho.....	6
Tabela 2: variedades de polinização aberta e híbridas cultivadas em Moçambique	11
Tabela 3: Resumo estatístico de comparação de modelos provenientes de regressões lineares de estimação da área foliar individual da cultura de milho variedade PAN 53.....	23
Tabela 4. Resumo estatístico para a comparação de modelos lineares de estimação da área foliar de uma planta com o uso de uma folha de referência	26
Tabela 5: Variação da AF e IAF ao longo dos DAE	30

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Relação entre a área foliar estimada <i>versus</i> valores da área foliar individual (observada)	25
Gráfico 2: Diferença entre a Área foliar e predita	25
Gráfico 3: Relação entre a área foliar total predita e observada.....	28
Gráfico 4: Representa as diferenças entre a área foliar observada e predita, estimada pelo modelo 4 versus área foliar observada.	29
Gráfico 5: Variação do índice da área foliar em função dos dias após a emergência	31

LISTA DE APÊNDICE

Lista de Apêndices

Apêndice nº I: Área total das catorze plantas de amostra.....	I
Apêndice nº II: Coeficientes e seus respectivos erros dos modelos	II
Apêndice nº III: Sumário de Modelos Apurados.....	III
Apêndice nº IV: Cronograma das Actividades.....	IV
Apêndice nº V: Imagens captadas referentes a pesquisa	V

GLOSSÁRIO

Fertirrigação - aplicação simultânea de água e fertilizante à planta geralmente efectuada via sistema de rega gota-à-gota.

Área foliar - toda a parte aérea de uma planta capaz de interceptar a radiação solar para a realização da fotossíntese.

Índice da área folia - é a razão entre a área foliar e a superfície do terreno ocupado pela planta

Imagej - é um *software* empregue na análise da área foliar das plantas

Estágio - diferentes fases verificadas ao longo de desenvolvimento de uma planta.

Compasso - trata-se da distância de separação entre fileiras e plantas numa cultura.

Panícula - inflorescência masculina da cultura milho.

Estilos-estigmáticos - inflorescência feminina da cultura milho, com finalidade de receber o grau de pólen.

Pendoamento - trata-se do estágio vegetativo total na cultura de milho.

Cartucho - trata-se de oitavo estágio vegetativo na cultura de milho.

RESUMO

A utilização de métodos destrutivos para estimativa da área foliar em milho é uma prática empregue apenas quando tratar se de estudos que envolve métodos de estimação directa da área foliar, como é caso de LICOR-3100, fotografias digitais, *scanner* e outros métodos de estimação directa da área foliar. Este trabalho de pesquisa teve como objectivo central de desenvolver modelos linear e avaliar o desempenho de cada para estimação da área foliar da cultura de *Zea mays* variedade PAN 53. Para tal implantou-se o presente trabalho de pesquisa *nocampus* de produção da empresa JAM. Foram desenvolvidas modelos de estimação da área foliar do híbrido PAN 53 através de dimensões de C (comprimento) e L (largura) da folha relacionando-se com área foliar determinada por *imagej*. O melhor modelo para estimação da área foliar individual resultou-se de regressões linear $AF = 0,624 + 0,74CL$ usando AF variável dependente *versus* CxL como uma variável independente e para a estimação da área foliar total da planta com uma folha de referência resultou-se das regressões lineares $AF = -1681,838 + 381,991N + 0,003C^2 * L^2 + 2,25h$ sendo AF a variável resposta *versus* N, $C^2 * L^2$ e h como variáveis independentes. O factor de correcção de milho variedade PAN 53 é de 0,74 tomando como base este presente trabalho de pesquisa.

Palavras-chave: *Zea mays var. PAN 53, métodos destrutivos, regressões lineares, estimação, Área foliar.*

ÍNDICE

Conteúdo	Páginas
I. INTRODUÇÃO	1
1.1 Problema.....	3
1.2. Justificativa.....	4
1.3. Objectivos.....	4
1.3.1. Geral	4
1.3.2. Específicos.....	4
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. A cultura de milho	5
2.1.1. Origem e Importância do Milho	5
2.1.2 Características Fisiológicas e Fenológicas da cultura do milho.....	5
2.1.3 Classificação taxionómica	5
2.1.4 Descrição dos estágios do milho, segundo RITCHIE, HANWAY E BENSON (1993) ...	6
2.1.4.1. Estágio V3	6
2.1.4.2. Estágio V6	7
2.1.4.3. Estágio V8	7
2.1.4.4. Estágio V12	8
2.1.4.5. Estágio V15	8
2.1.4.6. Pendoamento, VT	8
2.1.4.7. Estágios Reprodutivos e Desenvolvimento do Grão Estágio R1, Embonecamento e Polinização	9

2.1.5. Variedades de Milho produzidas em Moçambique	10
2.1.6. Exigências Agro-ecológicas da cultura do milho	11
2.2. Área foliar.....	12
2.2.1. Classificação de métodos de determinação de área foliar	12
2.2.2. Métodos de determinação de área foliar.....	13
2.2.2.1. Dimensões foliares	13
2.2.2.2. Imagem Digital	13
2.2.2.3. Área foliar com uma folha de referência	14
2.2.3 Índice de área foliar	15
III. METODOLOGIA	17
3.1 Área do estudo	17
3.1.1 Localização	17
3.1.2 Clima	17
3.1.3. Condições edáficos	18
3.2. Métodos	18
3.2.1. Tipo de amostragem	19
3.2.2. Métodos de colecta de dados	19
3.2.3. Desenvolvimento dos modelos	20
3.2.4 Avaliação dos modelos	21
IV. RESULTADO E DISCUSSÃO	23
4.1. Identificação de modelo para determinação da área foliar individual da cultura de milho variedade PAN 53.....	23

4.2. Identificação do melhor modelo da regressão linear para estimar a área foliar da planta da cultura de milho com uma folha de referência	26
4.3. Avaliação da aplicabilidade do modelo da área foliar da planta em diferentes estágios da cultura	29
V.CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	32
5.1 Conclusões.....	32
5.2 Recomendações	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

I. INTRODUÇÃO

A determinação de área foliar nas culturas agrícolas é explicada pela estreita correlação entre esta e as taxas fotossintéticas e transpiração das plantas, uma vez que reflecte a capacidade da planta em interceptar as radiações e efectuar trocas gasosas com o ambiente, constituindo-se assim um importante indicador da produtividade das culturas. A área foliar das culturas agrícolas tem uma estreita relação com a produção pois qualquer dano nas folhas das plantas, seja mecânica ou ataque com pragas e/ou doenças resulta consequentemente nas perdas no crescimento e produção. Dentre vários factores que afectam o desenvolvimento da área foliar das plantas destacam-se os seguintes: disponibilidade de água, luz e nutrientes, competição com plantas invasoras, espaçamentos assim como as características genéticas da cultura (GUIMARÃES, 2002).

As culturas devem ter sua sementeira programada de modo que os valores máximos do índice de área foliar (IAF) coincidam com a época de elevada radiação, quando então a fotossíntese líquida será máxima. A área foliar (AF) e, consequentemente, o índice de área foliar (IAF) são de grande importância para que se possa modelar o crescimento e o desenvolvimento das plantas e, por conseguinte, a produtividade total da cultura. A área foliar de uma planta depende do número e do tamanho das folhas e do seu tempo de permanência na planta, isto é, pode variar ao longo do ciclo da cultura (REIS *et al.*, 2013).

Com base nas medições que são feitas entre as variáveis largura e comprimento das folhas pode-se obter os modelos matemáticos que estimam a área foliar, por meio da análise de regressão. Os métodos que têm sido normalmente utilizados para determinar a área foliar necessitam de equipamentos de custos elevados e pessoal especializado (REIS *et al.*, 2013).

O índice de área foliar (IAF) é um parâmetro biofísico que pode ser utilizado como medida de crescimento das plantas nos modelos agronómicos. O conhecimento da variação do IAF ao longo do ciclo de uma cultura agrícola permite avaliar a capacidade ou a velocidade com que a parte aérea do vegetal (área foliar) ocupa a área do solo disponível. O aumento da área foliar propicia um aumento na capacidade da planta de aproveitar a energia solar para a realização da fotossíntese e, desta forma, pode ser utilizado para avaliar a produtividade (LUCCHESI, 1987).

Este trabalho teve como intenção central de desenvolver e avaliar modelos lineares de determinação da área foliar de milho variedade PAN 53 aplicando métodos destrutivos.

1.1 Problema

Vários estudos foram realizados com o objectivo de modelar a área foliar do milho (SEZER *et al.*, 2009; SCHWERZ *et al.*, 2012; MOKHTARPOUR *et al.*, 2010). Todos estes estudos, resultaram em modelos diferentes quer seja pelas variáveis explicativas incluídas ou pelos factores de correcção incluídas ou pelos factores de correcção para a combinação das variáveis. As diferenças genéticas entre as variedades, as condições edafo-climáticas e as práticas agrícolas são, segundo (ROMANO, 2005; FIORIN *et al.*, 2001), as principais razões para a existência de modelos diferentes para a mesma cultura. Não havendo registo de estudos sobre a área foliar de milho da variedade PAN 53 em Moçambique, o presente estudo pretende abordar a seguinte questão:

Qual é o melhor modelo para a estimativa da área foliar de milho da variedade PAN 53, nas condições agro-ecológico de Vilankulo?

1.2. Justificativa

Dada a relevância do tema no contexto Moçambicano, o estudo investiga a possibilidade do uso de modelos da regressão para estimar a AF da cultura de milho variedade PAN 53 nas condições edafo-climáticas de Vilankulo.

O IAF de uma planta está associada à sua arquitetura, pois para diferentes tipos de plantas pode-se obter valores de IAF diferentes que afectam no rendimento da cultura. Razão pela qual a ausência de estudos relacionado a modelos de estimação da AF da cultura de milho variedade PAN 53 motivou com que se fizesse uma pesquisa, que tem como o intuito desenvolver e avaliar modelos lineares que melhor estimam AF do híbrido PAN 53. Sabe-se que área foliar de uma cultura tem uma estreita relação com o terreno ocupado pela mesma planta, por isso quem tem o conhecimento da área foliar máxima de uma cultura tem a capacidade de disponibilizar o espaço suficiente no momento da sementeira de modo assegurar que não haja a competição entre plantas na intercepção da radiação solar, nutrientes e água no campo.

1.3. Objectivos

1.3.1. Geral

- ✓ Desenvolver e avaliar modelos da regressão linear para estimação da área foliar de milho variedade PAN 53.

1.3.2. Específicos

- ✓ Identificar o melhor modelo da regressão linear para estimar a área foliar individual da cultura de milho variedade PAN 53;
- ✓ Identificar o melhor modelo da regressão linear para estimar a área foliar da planta da cultura de milho com uma folha de referência;
- ✓ Avaliar a aplicabilidade do modelo da área foliar da planta em diferentes estágios da cultura.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A cultura de milho

2.1.1. Origem e Importância do Milho

De acordo com United States Agency for International Development (USAID 2011), O milho (*Zea mays* L.), é uma gramínea originária de capim chamado teosinte no sul do México, é considerado terceiro cereal mais produzido a nível Mundial, depois do arroz e trigo em termos de área cultivada e a produção total. A mesma fonte refere que em Moçambique, o milho faz parte do grupo de três culturas mais básicas em termos de segurança alimentar e ocupa mais de 1/3 da terra arável, sendo cultivado por mais de 3/4 das famílias dos 2.5 milhões de agregados familiares.

2.1.2 Características Fisiológicas de milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea com um só caule (colmo), erecta e que apresenta de 12 a 20 folhas, com sistema radicular fasciculado de peso por hectare que varia de 30 a 40 toneladas. O milho apresenta flores masculinas e femininas na mesma planta, mas separadas em pontos diferentes. As flores femininas desenvolvem-se no terço médio da planta, nas axilas das folhas e estão agrupadas em espiga. As flores masculinas aparecem na extremidade superior do caule formando panícula. A polinização faz-se por acção do vento, provocando a queda do pólen da panícula sobre as sedas da espiga, quer as da própria planta, quer as de plantas próximas (até 500 metros). Entretanto, o milho é uma cultura basicamente de polinização cruzada. Cada uma das sedas (ou barbas) faz parte de uma flor, na base da qual se irá desenvolver um grão de milho, depois de se dar a polinização (BRAZ, 2006).

2.1.3 Classificação taxionómica

Segundo BRAZ (2006), a cultura de milho pertence a reino *plantae*, classe *liliopsida*, ordem *poales*, família *poaceae*, género *Zea*, Espécie *Z. mays*.

2.1.4 Descrição dos estágios fenológico do milho, segundo RITCHIE, HANWAY E BENSON (1993)

O sistema de identificação empregado divide o desenvolvimento da planta em vegetativo (V) e reprodutivo (R), conforme mostra a Tabela 1. Subdivisões dos estágios vegetativos são designadas numericamente como V1, V2, V3 até Vn; em que (n) representa a última folha emitida antes do pendoamento (VT). O primeiro e o último estágios V são representados, respectivamente, por (VE, emergência) e (VT, pendoamento).

Tabela 1. Estágios vegetativos e reprodutivos da planta de milho.

Vegetativos	Reprodutivos
VE emergência	R1 polinização
V1 primeira folha	R2 grão em bolha
V2 segunda folha	R3 grão leitoso
V3 terceira folha	R4 grão pastoso
V (n) enésima folha	R5 grão dentado
VT pendoamento	R6 maturação fisiológica

Fonte: RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993.

2.1.4.1. Estágio V3

(Três folhas completamente desenvolvidas - Figura 1) – O estágio de três folhas completamente desenvolvidas ocorre com aproximadamente duas semanas após a emergência. Nesse estágio, o ponto de crescimento ainda se encontra abaixo da superfície do solo e a planta possui ainda pouco caule formado (Figura 1). Pêlos radiculares do sistema radicular nodal estão ainda em crescimento e o desenvolvimento das raízes seminais é paralisado (MAGALHÃES *et al.*, 1995).



Figura 1. Estágio de três folhas completamente desenvolvidas.

Fonte: RITCHIE *et al.*, (1993)

2.1.4.2. Estágio V6

(Seis folhas desenvolvidas - Figura 2) – Nesse estágio, o ponto de crescimento e pendão estão acima do nível do solo e o colmo está iniciando um período de alongação acelerada. O sistema radicular fasciculado está em pleno funcionamento e em crescimento. Nesse estágio, pode ocorrer o aparecimento de eventuais perfilhados, dependendo do cultivar, do estado nutricional da planta, do espaçamento adotado, do ataque de pragas e de alterações bruscas de temperatura (baixa ou alta) (MAGALHÃES *et al.*, 1995).



Figura 2. Estágio de seis folhas completamente desenvolvidas.

Fonte: RITCHIE & HANWAY., (1989).

2.1.4.3. Estágio V8

No estágio V8, é nessa fase, com oito folhas completamente desenvolvidas e inicia-se a queda das primeiras folhas e o número de fileiras de grãos é definido. Durante esse estágio, constata-se a máxima tolerância ao excesso de chuvas e ao encharcamento. O estresse hídrico nessa fase pode afectar o comprimento de internódios, provavelmente pela inibição da alongação das células em desenvolvimento, concorrendo, desse modo, para a diminuição da capacidade de armazenagem de açúcares no colmo. O deficit de água também vai resultar em colmos mais finos, plantas de menor porte e menor área foliar (MAGALHÃES *et al.*, 1998).

2.1.4.4. Estágio V12

O número de óvulos (grãos em potencial) em cada espiga, assim como o tamanho da espiga, são definidos em V12, quando ocorre perda de duas a quatro folhas basais. Pode-se considerar que, nessa fase, inicia-se o período mais crítico para a produção, o qual estende-se até a polinização. O número de fileiras de grãos na espiga já foi estabelecido, no entanto, o número de grãos/fileira só será definido cerca de uma semana antes do florescimento, em torno do estágio V17 (MAGALHÃES *et al.*, 1995).

Em V12, a planta atinge cerca de 85% a 90% da área foliar, e observa-se o início do desenvolvimento das raízes adventícias. Devido ao número de óvulos e tamanho da espiga serem definidos nessa fase, a deficiência de humidade ou nutrientes pode reduzir seriamente o número potencial de sementes, assim como o tamanho das espigas a serem colhidas (RITCHIE & HANWAY, 1989).

2.1.4.5. Estágio V15

Esse estágio representa a continuação do período mais importante e crucial para o desenvolvimento da planta, em termos de fixação do rendimento. Desse ponto em diante, um novo estágio foliar ocorre a cada um ou dois dias. Estilos-estigmas iniciam o crescimento nas espigas. Em torno do estágio V17, as espigas atingem um crescimento tal que suas extremidades já são visíveis no caule, assim como a extremidade do pendão já pode também ser observada (MAGALHÃES *et al.*, 1994).

2.1.4.6. Pendoamento, VT

Esse estágio inicia-se quando o último ramo do pendão está completamente visível e os estilos-estigmas não tenham ainda emergido. A emissão da inflorescência masculina antecede de dois a quatro dias a exposição dos estilos estigmas, no entanto, 75% das espigas devem apresentar seus estilos-estigmas expostos no período de 10 a 12 dias após o aparecimento do pendão.

O tempo decorrente entre VT e R1 pode variar consideravelmente, dependendo do cultivar e das condições ambientais. A perda de sincronismo entre a emissão dos grãos de pólen e a receptividade dos estilos-estigmas da espiga concorre para o aumento da percentagem de espigas sem grãos nas extremidades. Em condições de campo, a liberação do pólen geralmente ocorre nos finais das manhãs e no início das noites. Nesse estágio, a planta atinge

o máximo desenvolvimento e crescimento. Estresse hídrico e temperaturas elevadas podem reduzir drasticamente a produção (MAGALHÃES *et al.* 1999; FANCELLI & NETO, 2000).



Figura 3: milho no estágio VT

Fonte: (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993).

2.1.4.7. Estágios Reprodutivos e Desenvolvimento do Grão Estágio R1, Embonecamento e Polinização

Esse estágio é iniciado quando os estilos-estigmáticos estão visíveis, para fora das espigas. A polinização ocorre quando o grão de pólen liberado é capturado por estigmas. O grão de pólen, uma vez em contacto com estigma, demora cerca de 24 horas para percorrer o tubo polínico e fertilizar o óvulo. Geralmente o período requerido para todos os estilos-estigmas em uma espiga serem polinizados é de dois a três dias. Os estilos-estigmáticos da espiga crescem cerca de 2,5 a 4,0 cm por dia e continuam a se alongar até serem fertilizados (Magalhães *et al.*, 1994).

O número de óvulos que será fertilizado é determinado nesse estágio. Óvulos não fertilizados evidentemente não produzirão grãos. Estresse ambiental nessa fase, especialmente no hídrico, causa baixa polinização e baixa granação da espiga, uma vez que, sob seca, tanto os estilos-estigmáticos como os grãos de pólen tendem à dissecação. A liberação do grão de pólen pode iniciar-se ao amanhecer, estendendo-se até o meio-dia (MAGALHÃES *et al.*, 1994).



Figura 4: planta da cultura de milho na R₁

Fonte: (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993).

2.1.5. Variedades de Milho produzidas em Moçambique

Segundo FATO *et al.*, (2011), existem dois tipos principais de variedades do milho: variedade de polinização aberta (VPA) e variedades híbridas. Variedades de polinização aberta apresentam plantas fenotipicamente semelhantes e que no momento de produção de sementes não existe controlo sobre o processo de polinização, isto é, a polinização é livre. A produção resultante de uma campanha pode ser usada como sementes para a campanha seguinte.

Segundo FATO *et al.*, (2012), as variedades híbridas resultam de cruzamentos controlados entre diferentes linhas puras, ou variedades em equilíbrio, ou mesmo populações geneticamente diferentes entre si. A diferença genética entre os parentais, confere aos híbridos a superioridade no rendimento e noutras características agronómicas, fenómeno conhecido por vigor híbrido ou heterose.

Na produção de semente das variedades híbridas há controlo sobre os processos de polinização, sendo que a produção de uma dada campanha não pode ser usada como sementes na campanha seguinte, por motivos de heterogeneidade de sementes (FATO *et al.*, 2011).

Contudo, o maior problema relacionado com as variedades híbridas é a fraca disponibilidade da semente no mercado. Quando a semente é disponível, o seu custo é relativamente alto comparado com o da semente de VPA, cuja produção não exige altos níveis de maneo agronómico. Além disso, a semente híbrida deve ser reposta anualmente, constituindo uma grande limitação para o agricultor familiar de baixa renda (CIMMYT, 2004).

Segundo CIMMYT (2004), esses são factores desencorajantes para os pequenos agricultores, daí a preferência pela semente de VPA apesar de oferecer menores rendimentos em relação as

variedades híbridas em condições de alta fertilidade do solo. As variedades de milho de polinização aberta conseguem melhores resultados em caso de fraca fertilidade. É recomendável a VPA para os pequenos produtores dos países em desenvolvimento, onde a terra é frequentemente menos fértil devido à cultura intensiva sem rotação.

Dentre as variedades em referências são produzidas em Moçambique as seguintes: Vide a tabela 2 seguinte:

Tabela 2: variedades de polinização aberta e híbridas cultivadas em Moçambique

VAP (Variedades de Polinização Aberta)	Variedades Híbridas
Sussuma,	PAN 67
Hluvukane	
Tsangano	
Matuba	
Djandza	
Chinaca	

Fonte: DEIXA, (2014)

2.1.6. Exigências Agro-ecológicas da cultura do milho

- ✓ De acordo com FATO *et al*, (2011), para alcançar uma óptima produção da cultura de milho é necessário que haja a disponibilidade de seguintes factores:
- ✓ Precipitação bem distribuída durante o seu ciclo de desenvolvimento variando de 450mm a 600mm;
- ✓ Dias quentes com temperaturas médias diárias maior de 19°C, no verão, nas noites frescas com temperaturas médias nocturnas de 12,8°C e menores que 25°C;
- ✓ Solos bem drenados e de textura média com temperaturas maiores de 10°C para germinação.
- ✓ Dentre os vários factores que afectam o desenvolvimento do milho, tais como precipitação, temperaturas, radiação e fotoperiodismo, os mais importantes para Moçambique são a precipitação e temperaturas

Segundo BROWN (1977), quando a temperatura esta à abaixo de 5°C a planta necessita 48horas para recuperar o nível original. O milho pode ser cultivado em regiões com precipitação média anual que varia entre 250 a 5000 mm, sendo 450 a 600 mm a necessidade hídrica aproximada para completar o seu ciclo fenológico, sendo as fases mais críticas de necessidade de água, os períodos após a sementeira, início de floração e enchimento do grão (FATO *et al.*, 2011).

2.2. Área foliar

De acordo com FAVARIN *et al.*, (2002), a área foliar das plantas em uma cultura é de grande importância por ser um parâmetro indicativo de produtividade, visto que, o processo fotossintético que ocorre depende da captação de energia luminosa e de sua conversão em energia química.

2.2.1. Classificação de métodos de determinação de área foliar

De acordo com FLUMIGNAN *et al.*, (2008), os métodos utilizados na determinação de área foliar (AF) podem ser classificados como destrutivos ou não destrutivos e directos ou indirectos. Os métodos directos são baseados em medidas realizadas directamente nas folhas, enquanto os indirectos são baseados na correlação conhecida entre uma variável biométrica mensurável e área foliar real. Os métodos destrutivos são aqueles que exigem a retirada de partes da planta ao passo que os não destrutivos são aqueles que não necessitam da retirada de suas partes, permitindo assim a continuidade das avaliações na mesma planta.

2.2.2. Métodos de determinação de área foliar

2.2.2.1. Dimensões foliares

A área foliar pode ser obtida, mediante regressão, ajustando-se uma equação matemática aos dados de área foliar, versus largura (L) ou comprimento (C) ou largura x comprimento (L X C) das folhas. De seguida executam-se as regressões. Ao final deve-se ter uma equação que represente a área foliar em função da largura ou comprimento ou L x C das folhas. A equação mais fácil de ser obtida é uma do tipo linear: $Y = a + bX$. Sendo Y a área foliar, X a largura, ou comprimento ou L x C. E a e b são as constantes, ou coeficientes ou parâmetros da equação. A equação que melhor se ajusta aos dados é aquela que possuir o maior coeficiente de correlação (r) ou determinação (r²) (PORTES & CASTRO, 1993).

Segundo BARROS *etal.* (1973) Um dos métodos mais usados é a estimação da área foliar por meio de equações matemáticas envolvendo a medição do comprimento do limbo foliar, a maior largura da folha correlacionando, por regressão linear, os valores encontrados àqueles obtidos com as dimensões dos rectângulos circunscritos aos limbos foliares. Com base nos resultados, os autores apresentaram a equação seguinte para estimar a superfície foliar da folha:

(1)

$$AF = f \cdot C \cdot L$$

Onde:

AF: Área foliar (cm²)

f: factor de correcção

C: maior comprimento (cm)

L: maior largura (cm).

2.2.2.2. Imagem Digital

Segundo JUNIOR *et al.*, (2002), actualmente, câmeras digitais de alta definição são disponíveis no mercado a um custo acessível. Esses equipamentos são promissores para trabalho em campo de estimativa de área foliar por serem portáteis e talvez mais precisos que o método de dimensões foliares, principalmente em situações nas quais os folíolos se apresentam danificados. Nesse método, imagens digitais calculam a área com base na escala e na resolução em que foi obtida a fotografia, por meio de um *software* que estima a área de cada elemento que compõe a imagem, divide a imagem em duas categorias (folha e não folha) e integra os elementos que pertencem a mesma categoria.

2.2.2.3. Área foliar com uma folha de referência

Segundo MONDO *et al.*, (2009), a área foliar é uma das principais variáveis relacionadas com o desenvolvimento vegetal, sendo frequentemente estimada para análise quantitativa do crescimento de plantas. Considerando-se N como o número total de folhas, as estimativas particulares da área foliar total de plantas de milho (AF , cm²/planta), em que a é o factor de correcção da área do rectângulo $C.L$, da ordem de 0,75 para plantas de milho. No entanto, esse

factor de correcção pode diferir entre espécies e cultivares ou estágio de desenvolvimento da planta STEWART & DWYER, (1999) citado por MONDO *et al.*, (2009). Foram obtidas por meio de Modelos matemáticos:

1. Uso de uma única folha de referência (n) para estimar área total da planta com N folhas:

(2)

$$AF_N = a \cdot C_n \cdot L_n$$

2. Modelo tradicional, proposto por Montgomery (1911) citado por MONDO *et al.*, (2009):

(3)

$$AF_N = \sum_{n=1}^N 0,75 \cdot C_n \cdot L_n$$

Onde:

AF_N é área foliar da planta com uma folha de referência;

n é a folha de referência;

N é o número de folhas número de folhas totalmente abertas com pelo menos 20% de área verde.

a é o parâmetro matemático da recta que estima o percentual de equivalência entre a área foliar real e o produto do comprimento (C , cm) pela largura (L , cm) do limbo.

2.2.3 Índice de área foliar

De acordo com PORTES & CASTRO (1993), revelam que a área foliar de uma planta deve sempre ser transformada para índice de área foliar (IAF). Uma vez obtida a área foliar de uma, duas ou mais plantas na parcela, e conhecida a densidade de plantas por metro quadrado, por regra de três simples torna-se fácil obter a estimativa da área foliar em m^2/m^2 de terreno, que é o IAF.

Em alguns estudos WATSON (1952), ressalta que o índice de área foliar (IAF) é a relação funcional existente entre a área foliar e a área do terreno ocupada pela cultura sendo uma

medida a dimensional. A interacção entre as plantas e o ambiente condiciona a produção agrícola em determinada região. Pode-se afirmar que a produção vegetal está directamente relacionada com o aproveitamento da energia solar pela cultura, transformada em energia química durante o processo fotossintético. Sendo as folhas principais responsáveis por esta conversão índice de área foliar (IAF) é obtido pelo uso da expressão proposta por WATSON:

(4)

$$IAF = \frac{AF}{AT}$$

Onde:

IAF: índice de área foliar (cm²/cm²)

AF: Área foliar (cm²)

AT: Área total (cm²)

De acordo com CÂMARA (2000), o índice de área foliar (IAF) é a relação entre a área da folhagem e a superfície do solo por ela ocupada e é variável de acordo com espécies vegetais, clima, estações do ano e estágio de desenvolvimento da planta. Pode ser calculada a área foliar de uma planta (m² de folha por planta) e o índice de área foliar (IAF) através das seguintes equações:

(5)

$$AF = f \sum_{i=1}^n (C * L)$$

Onde:

AF: Área foliar (cm²)

f: factor de correcção

C: maior comprimento (cm)

L: maior largura (cm).

N: número de folhas (i variando de 1 a n)

Após de ter calculado o valor da área com base na equação discreta acima pode se recorrer para seguinte equação proposta por mesmo autor acima citado para determinar o IAF da planta:

(6)

$$IAF = \frac{(AF \times NP)}{AT}$$

Onde:

IAF: índice de área foliar (cm²/cm²)

AF: Área foliar (cm²)

AT: Área total (cm²)

NP: número de plantas (100 cm²)

O aumento da área foliar propicia um aumento na capacidade da planta de aproveitar a energia solar para a realização da fotossíntese e, desta forma, pode ser utilizado para avaliar a produtividade. O conhecimento da variação do IAF ao longo do ciclo de uma cultura agrícola permite avaliar a capacidade ou a velocidade com que a parte aérea do vegetal (área foliar) ocupa a área do solo disponível (LUCCHESI, 1987).

III. METODOLOGIA

3.1 Área do estudo

3.1.1 Localização

De acordo com Equipa Técnica Distrital (ETD, 2005), o distrito de Vilankulo fica situado a Norte da província de Inhambane, tendo como limites a Norte com o distrito de Inhassoro, a Sul com o distrito de Massinga, a Oeste com os distritos de Mabote e Funhalouro e a Este com o Oceano Indico, observe a figura 5 abaixo.

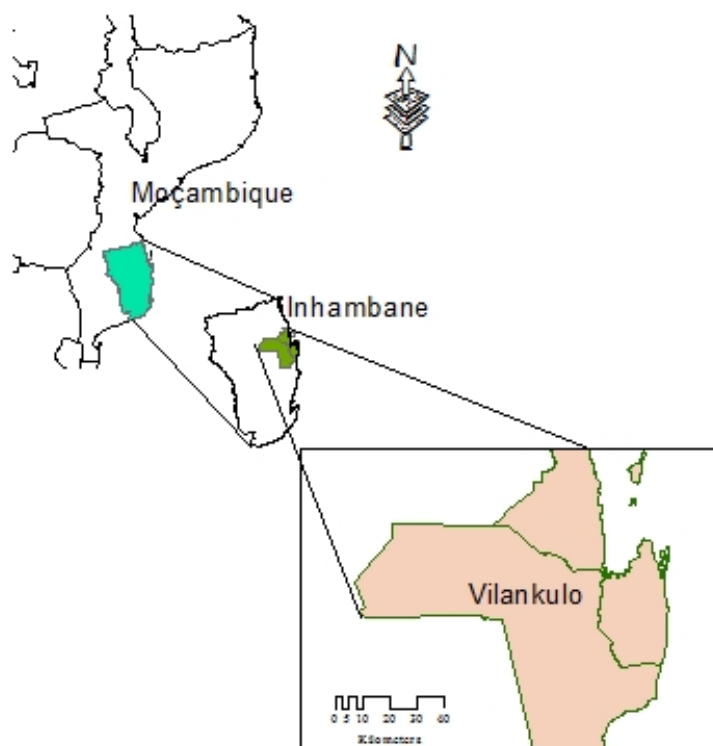


Figura 5: Localização da área do estudo

3.1.2 Edafo-climáticas

Segundo ETD (2005), clima é diversificado sendo a costa com o clima tropical húmido e o interior o clima tropical seco. Durante o ano, o verão é o período mais longo ocupando os meses de Outubro a Abril, sendo neste período que se destaca a época chuvosa entre os meses de Dezembro a Abril chegando a atingir as precipitações mais elevadas nas zonas costeiras oscilando entre os 800 a 1000 milímetros não se verificando o mesmo com o interior onde as médias anuais atingem apenas 600 milímetros.

3.1.2.1 Solo

Na faixa costeira encontra-se solos arenosos esbranquiçados com baixa capacidade de retenção de humidade e no interior são solos areno-argilosos, avermelhados, acastanhados e Calcários. No distrito de Vilankulo predominam solos de dunas costeiras, cobertura arenosa (dunas inteiros) (ETD, 2005).

3.2. Métodos

A pesquisa foi desenvolvida no *Campo de Joint Aid Management* (JAM) localizada ao 21.98º Sul, 35.98º Este e 27 m de altitude, caracterizado como um solo de franco arenoso, pobre em nutrientes. A área do estudo correspondia 3 hectares com um sistema de rega gota-a-gota, sendo área toda ocupada por uma única cultura de milho variedade PAN 53. As plantas tinham um compasso de 50 cm * 20 cm, portanto, assumindo um poder germinativo de 98% teremos:

$$NP = \frac{A}{C} = \frac{30000 \text{ m}^2}{0.5 \times 0.2 \text{ m}^2} = 300\ 000 \text{ Plantas} * 0.98 = 294000 \text{ plantas}$$

Onde:

NP: número de plantas

A: área

C: compasso (distância entre linhas e entre plantas)

A sementeira foi feita no dia 09/06/ 2015, sendo um híbrido da classe de crescimento intermédio esperou-se a sua colheita num período de 3.5 meses após a sua sementeira. Teve tratamentos culturais fornecidos tais como adubação com o guano integrado com outros adubos inorgânicos tais como MAP (fosfato-mono amónico) e Sulfato de amónio. Esse processo foi efectuado via fertirrigação incluindo o controlo de pragas e doenças.

3.2.1. Tipo de amostragem

Para o alcance dos objectivos propostos, recorreu-se a tipo de amostragem probabilística na qual foram seleccionadas aleatoriamente 74 plantas amostrais numa área de 3 ha, tomadas como base da pesquisa de modo a ser possível a criação de modelos lineares para a determinação da área foliar de milho variedade PAN 53.

3.2.2. Métodos de colecta de dados

As amostragens para a determinação da área foliar foram efectuadas considerando-se o estágio fenológico da planta de milho, que foi acompanhado através de observações semanais, utilizando-se a escala de RITCHIE. Segundo esta escala, foram feitas amostragens nos estádios V3, V6, V8, V12, V15, VT, R1 e R2. Foram usados dois métodos de colecta de dados a saber:

- ✓ Método não destrutivo
- ✓ Método destrutivo

O **método não destrutivo** consistiu na retirada directa das dimensões foliar na planta com o uso da régua de 50 cm para cada estágio de desenvolvimento da cultura de milho. Este método foi aplicado desde a fase vegetativa 3 até à R₂ da planta de milho. Todas as medidas retiradas em função de desenvolvimento da cultura de milho foram armazenados numa planilha de Excel. Este método aplicou-se nas catorze (14) plantas da amostra com destino a verificação da variação dos da área foliar da cultura de milho ao longo dos dias após a sua emergência.

O **método destrutivo** consistiu em duas avaliações em destaque a V8 e R1 conforme as seguintes datas: 04/08/2015 e 31/09/2015. Em cada data de avaliação sorteou-se 30 plantas sem reposição, onde foram avaliadas as áreas foliares de todas as folhas. Após o sorteio, as folhas foram retiradas e identificadas, colocando-as sobre uma folha de papel de tamanho 841*594mm (A1), que continha impresso um rectângulo de cor vermelha. Em seguida, foram fotografadas todas as folhas das plantas de milho com auxílio de uma máquina digital de 16 megapixéis de resolução, que posteriormente foram submetidas à análise de área através do *software imageJ*.

Disponível gratuitamente via internet (*shareware: <http://rsbweb.nih.gov/ij/download.html>*) e pelas medições foliares efectuadas na planta no campo.

Para facilitar o processo de localização das plantas amostrais no campo, foram colocadas placas enumeradas para cada planta que foi marcada para o estudo, isto é, para permitir que os estudos sejam feitos repetidamente nas mesmas plantas amostrais em diferentes estágios de desenvolvimento da cultura de milho.

Os dados referentes a ambos métodos foram armazenados numa planilha de Excel e fez-se relacionamento da imagem digital com as dimensões de comprimento e a largura máxima da folha. Com base no somatório de áreas foliares de todas as folhas de uma planta obteve-se a área foliar total da planta.

3.2.3. Desenvolvimento dos modelos

A variável dependente que é a área foliar foi relacionada com as variáveis explicativas de modo a traçar-se vários modelos da área foliar para híbrido PAN 53. Foram feitos vários conjuntos de variáveis independentes, tais como o comprimento da folha (C), a largura da folha (L), largura da folha ao quadrado (L^2), comprimento da folha ao quadrado (C^2) e produto entre comprimento e a largura da folha (LC) relacionando com a área foliar determinada pelo *imagej*. Foram geradas as seguintes equações de estimativa para o cálculo da área foliar individual tendo em consideração as regressões lineares simples ($y = a + bx$) e regressões múltiplas ($y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3$):

$$AF = a + bC \quad (\text{modelo 1})$$

$$AF = a + bCL \quad (\text{modelo 2})$$

$$AF = a - bL^2 + c(C \times L) \quad (\text{modelo 3})$$

$$AF = a + bL + cC^2 + dL^2 \quad (\text{modelo 4})$$

$$AF = a + bC + cC^2 + dL^2 \quad (\text{modelo 5})$$

$$AF = a + bL \quad (\text{modelo 6})$$

Para o caso de modelos de regressão linear com uma folha de referências (n), para determinar a área foliar considerou-se C (comprimento) e L (largura) máxima da folha, h (altura), N (número de folhas da planta) e as seguintes transformações do C e L: L^2 , C^2 , LC, C^2L^2 , C^2L e C^2/L^2 relacionando área foliar determinada com base na imagem digital. Tomando como base, a folha de maior tamanho na planta como folha de referência nesta pesquisa, foram testadas as seguintes equações lineares:

$$AF = a + bC + cL \quad (\text{modelo 1})$$

$$AF = a + bN + cC^2 + dL^2 \quad (\text{modelo 2})$$

$$AF = a + bN + cC^2L^2 + dC^2/L^2 \quad (\text{modelo 3})$$

$$AF = a + bN + cC^2L^2 + dh \quad (\text{modelo 4})$$

$$AF = a + bN + cC^2L + dCL^2 \quad (\text{modelo 5})$$

Onde AF é área foliar, N é o número de folhas da planta, h é altura da planta, C é o comprimento da folha, L é a largura da folha b, c, d são coeficientes e a é constante de modelo. Todos os dados foram analisados usando SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) Programa.

3.2.4 Avaliação dos modelos

No processo de avaliação de modelos levou-se em consideração valores próximo a 100% de coeficiente de determinação (R^2), eficiência (EF), índice de concordância (d) e valores próximos a 0 (zero) de erro médio absoluto (MAE) e raiz do quadrado médio do erro (RMSE).

Coefficiente de determinação (r^2): é uma medida de qualidade do ajustamento entre as variáveis explicativa e resposta. O coeficiente de determinação múltiplo é dado por (BARROS *et al.*, 2008):

(7)

$$R^2 = \frac{SQR}{SQT} = 1 - \frac{SQE}{SQT}$$

De acordo com WILLMOTT *et al.*, (1985), a simples adoção do coeficiente de determinação (R^2) como único critério de definição da qualidade de métodos não é adequada, uma vez que esse método não estabelece a magnitude das diferenças entre um valor padrão e um valor previsto por modelos de estimativa. Assim, a análise dos índices de concordância de Willmott (d), erro absoluto médio (MAE), eficiência (EF), coeficiente de variação e a raiz do quadrático médio erro (RMSE) auxiliam a interpretação dos resultados.

Eficiência (EF): é uma medida da significância da estimativa de um parâmetro, obtida com base numa amostra. Valores próximos a 1 indicam a similaridade quanto à dispersão dos dados em torno de suas respectivas médias, demonstrando que os valores obtidos na estimativa e observado foram semelhantes (PEREIRA *et al.*, 2008). A EF é definida por:

(8)

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y})^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}$$

Índice de concordância (d): quantifica o grau de concordância entre a variável observada e estimada. O Índice de Concordância (d), proposto por WILLMOT (1985), possui esta propriedade ($0 \leq d \leq 1$) e pode ser usado, por exemplo, para comparar diferentes simulações de um mesmo fenómeno. d é definido por:

(9)

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}|}{\sum_{i=1}^N (|y_i - \bar{y}| + |\hat{y} - \bar{y}|)}$$

Erro médio absoluto (MAE): Segundo, a média dos erros absolutos por ser menos afectado por pontos com valores anormalmente extremos, também chamados “pontos singulares”, o MAE é considerado preciso e robusto como medida da habilidade de modelos numéricos em reproduzir a realidade. MAE é sempre positivo. MAE = 0 indica simulação perfeita (KOBÁ & SALAM 2000). O MAE é definido por:

(10)

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}|}{N}$$

Raiz do quadrado médio do erro (RMSE): esta medida mede amplitude do erro caracteriza-se por penalizar as grandes diferenças entre o que foi previsto e o que foi realizado (KOBÁ & SALAM 2000). O RMSE é definido por:

(11)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y})^2}{N}}$$

Onde y_i, \hat{y} e \bar{y} são variáveis observadas, previstas e média de valores observada respectivamente, N é o número de observações.

IV. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1. Identificação de modelo para determinação da área foliar individual da cultura de milho variedade PAN 53

A tabela 3 apresenta as equações de regressão obtidas através da relação entre a área foliar do milho e diferentes combinações de comprimento, largura e suas transformações.

Tabela 3: Resumo estatístico de comparação de modelos provenientes de regressões lineares de estimação da área foliar individual da cultura de milho variedade PAN 53

Equa.	Modelos de regressão	R ²	EF	d	RMSE
Milho PAN 53 (n = 683 observações)					
1	AF= -186,33 + 8,652C	0,774	0,77	0,75	85,80
2	AF= 0,624 + 0,74CL	0,997	0,99718	0,99219	9,5813
3	AF= -430,346 + 6,10 C + 53,893L	0,971	0,9712	0,9223	30,61
4	AF= -37,608 +6,04L + 0,039C ² +3,23L ²	0,989	0,989	0,963	18,60
5	AF= -47,81 +0,887C+0,033C ² + 3,584L ²	0,989	0,989	0,9640	18,62
6	AF= -195,282 + 86,695L	0,684	0,68	0,6841	101,4

R²: coeficiente de determinação; d: índice de Willmott/ concordância; EF: eficiência do modelo e RMSE (cm²): raiz do quadrado do erro médio. Todos os modelos são significativos para $\alpha = 5\%$ da tabela F.

Todas as análises, utilizando-se comprimento quanto largura ou produto entre comprimento e largura mostraram-se significativos para a estimativa da área foliar das plantas de milho, para modelos que apresentam C ou L como variável explicativa da área foliar apesar de serem válidos para a estimativa da área foliar são menos aceitáveis, pelo facto de apresentarem os valores baixos de R² e valores altos de RMSE, estes resultados estão em concordância com a pesquisa de FASCELLA *et al.*, (2013). No caso em que o comprimento e a largura foram ambas variáveis independentes para explicar a variável resposta (área foliar) houve melhoria em termos de R², EF, d assim como o valor de RMSE e MAE (apêndice) reduziu para níveis mais baixos (tabela 3).

Foi seleccionado o modelo 2 dentre 6 (tabela 3). Este (modelo 2) apresenta o valor de ajuste muito forte de 99,7%, maior eficiência de 99,7%, índice concordância de 99% e com o valor menor possível de raiz do quadrado médio do erro de 9,58 cm² e erro médio absoluto 2,36

cm² (apêndice da tabela 2), ou seja, o segundo modelo proposto de que $AF = 0,74CL + 0,624$ para o cálculo de área foliar individual da planta de milho variedade PAN 53, apresentou MAE e RMSE próximos de zero, o índice de Willmott, coeficiente de determinação e eficiência muito próximo de 100% de precisão. Os restantes modelos proposto nesta pesquisa apresentaram poucas qualidades de estimação da área foliar na cultura de milho quando comparados com o segundo modelo da tabela 3. A combinação do produto de comprimento da nervura central e largura máxima como melhor estimador da área foliar, foi observada por BOSCO *et al.*, (2012), numa pesquisa de selecção de modelos de regressão para estimar a área foliar de macieiras, FASCELLA *et al.*, (2013), numa pesquisa agrícola de validação de modelos de predição da área foliar proposta para rosas, SOUZA & HABERMANN (2014), na criação de equações não destrutiva para estimar a área foliar de *Styrax pohlii* e *Styrax ferrugineu*. Estes autores obtiveram resultados plausíveis quando usaram o produto entre CL como variável independente para explicar a área foliar das culturas.

Os Modelos que utilizaram C ou L como variável independente para estimar a área foliar apresentaram menor ajuste em comparação a modelos com as duas dimensões. Nos modelos lineares com apenas uma dimensão foliar, obteve-se menor coeficiente de determinação entre 0,684 a 0,774 e o RMSE de 85,80 a 101,4 cm² (tabela 3), esta verificação está em concordância com estudo feito pelo BOSCO *et al.*, (2012) e ZHANG *et al.*, (2014) de que o uso de ambas dimensões comprimento e largura da folha são melhores estimadores da área foliar nas culturas.

Nesta pesquisa, os valores observados e estimados apresentaram ajuste muito forte e uma correlação muito forte positiva (gráfico 1). Os pontos estão muito mais próximos da linha 1:1 e quando usada a equação (2) que envolve o produto de comprimento e largura da folha.

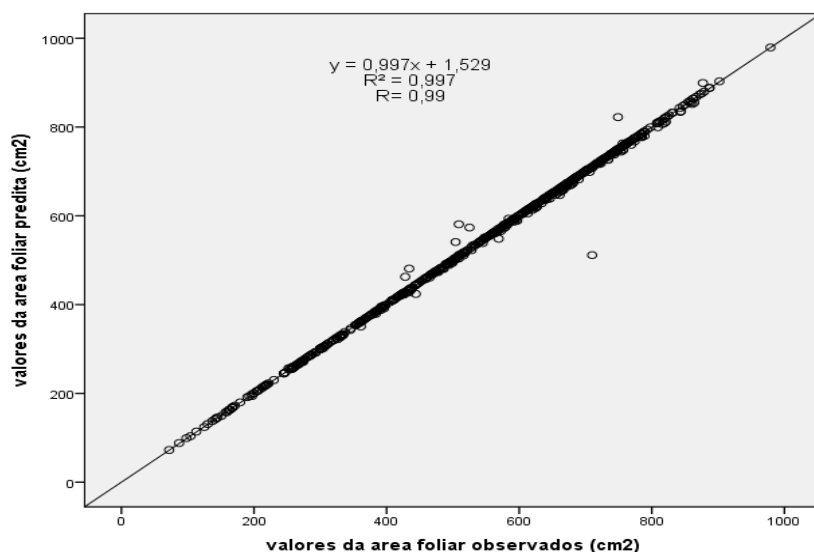


Gráfico1: O gráfico ilustra a relação entre a área foliar estimada *versus* valores da área foliar individual (observada) usando a equação $AF = 0,74CL + 0,624$. A pontuação preta indica uma relação 1:1 entre valores preditos e valores observados (n= 683).

As diferenças dos valores da área foliar observada e predita tiverem uma distribuição normal, 97% das diferenças estão nos parâmetros $M \pm 3DP$, o mesmo foi verificado por MOKHTARPOUR *et al.*, (2010) e 3% dos valores que se encontram fora dos limites de concordância da distribuição normal trata-se de infrações ocorridos no processo de medições no campo e/ou no processo de análise de imagem no *software* (gráfico 2).

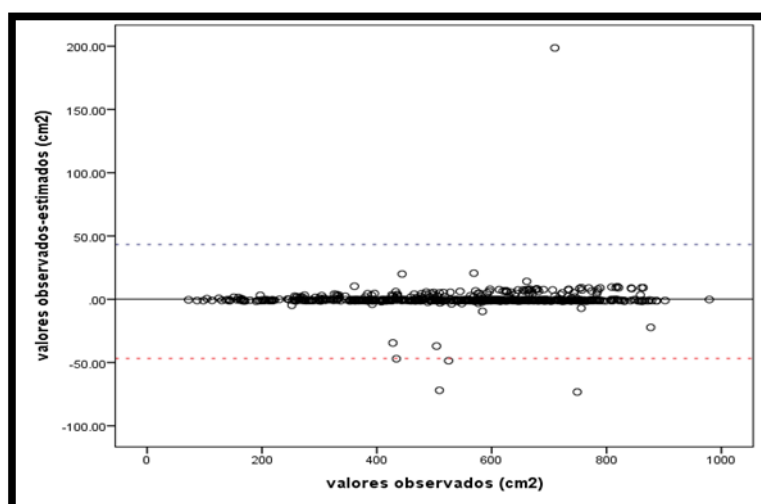


Gráfico 2: o gráfico representa as diferenças entre a área foliar observada e predita, estimada pela equação $AF = 0,74CL + 0,624$ *versus* área foliar observada. A linha horizontal contínua entre os valores positivos e negativos das diferenças de valores observados e preditos ilustra a

média das diferenças entre os valores em causa. A linha pontuada representa os limites de concordância, obtida como $(M \pm 3DP)$; onde M é a média das diferenças, e DP é o desvio padrão das diferenças entre valores estimados e preditos *Zea mays* var. PAN 53

No modelo 2 seleccionado, consta o valor de declive (b) de 0,74 ($\pm 0,002$) este parâmetro b é o valor de factor de correcção, portanto, o valor de factor de correcção de PAN 53 demonstrou-se estando dentro dos parâmetros estabelecidos por MONTGOMERY (1911) citado por SCHWERZ *et al.*, (2012), numa pesquisa da cultura de milho variando entre 0,73 e 0,75. Tendo o valor de factor de forma determinada pode-se estimar a área foliar individual da cultura de milho aplicando a fórmula proposta por BARROS *et al.*, (1973) ou de CÂMARA (2000). Nesse caso, será necessário o factor de correcção da cultura (f), o valor de factor de forma será de 0,74. Verificando o valor de coeficiente de correcção pode-se notar que a área foliar da planta corresponde aproximadamente $\frac{3}{4}$ do produto do comprimento da nervura central e da largura máxima da folha.

4.2. Identificação do melhor modelo da regressão linear para estimar a área foliar da planta da cultura de milho com uma folha de referência

A tabela 4 apresenta as equações de regressão obtidas através da relação entre a área foliar do milho e diferentes combinações de comprimento, largura e suas transformações, número de folhas e altura da planta relacionando com a área foliar estimada por *imagej*.

Tabela 4. Resumo estatístico para a comparação de modelos lineares de estimação da área foliar de uma planta com o uso de uma folha de referência

Modelo	R ²	EF	d	RMSE
Milho PAN 53 (n =60 observações)				
-7143,0 +68,007C + 638,901L	0,580	0,6135	0,6583	768,1732
-5321,355+472,604N + 0,287C ² +32,203L ²	0,904	0,9114	0,8551	365,6562
-2540,401+476,25N+0,003C ² *L ² +1,23C ² /L ²	0,902	0,9102	0,8513	370,2176
-1681,838 + 381,991N+0,003C ² *L ² +2,259h	0,915	0,9219	0,8633	345,2041
-3332,313+471,101+0,003N +0,021C ² *L+0,197C*L ²	0,904	0,91135	0,8542	367,8966

R²: coeficiente de determinação; d: índice de concordância; EF: eficiência do modelo e RMSE: raiz do quadrado médio do erro, área foliar (cm²). Todos os modelos são significativos para $\alpha = 5\%$ da tabela F.

O modelo que envolve comprimento e a largura como variáveis independentes para estimar a área foliar não apresentaram valores de coeficiente de determinação, eficiência e índice de willmott suficientemente elevados para que fosse utilizado como o melhor modelo de estimação. Tal facto pode ser devido à maior variação de RMSE quando comparado com modelos que inclui altura e número de folhas para estimar a área foliar de milho PAN 53 (Tab. 4).

O quarto modelo na tabela 4 demonstrou uma eficiência de 92%, com o melhor ajuste de 91,5%, alto valor de índice de concordância de 86%, menor RMSE de 345cm² e valor de MAE de 274,05 cm² (tabela 3 de apêndice) em relação aos outros modelos, este modelo é o mais recomendável para a determinação de área foliar com uma folha de referência num universo de 5 modelos lineares. Neste caso o modelo 4 satisfaz as exigências de WILLMOT *et al.*, (1985) quando comparado aos outros modelos da tabela 4. Numa série de modelos de estimação é mais aconselhável seleccionar o modelo que apresenta o coeficiente de determinação, índice de willmott e eficiência próximos de 100%. Ademais, deve ter em consideração os valores próximos de 0 (zero) RMSE e MAE dos modelos em questão. Esta forma de selecção foi usada anteriormente por SCHWAB *et al.*, (2014), numa pesquisa de dimensões lineares das folhas assim como MOREIRA *et al.*, (2011), aplicou estes testes para verificar o melhor modelo num estudo de comparação de dois modelos para determinação da permeabilidade do solo ao ar.

A pesquisa de estimação da área foliar total de uma planta com uma folha de referência, já foi feito anteriormente por HERMANN & CÂMARA (1999), na cultura de cana-de-açúcar e VAZ MONDO *et al.*, (2009), nas plantas de milho (*Zea mays*), ambos estudos obtiveram equações simples de se implementar e prático no campo. Nesta pesquisa abordou um modelo específico para híbrido PAN 53, para este estudo modelo de estimação da área foliar envolve mais uma outra variável que é altura ao passo que para os estudos de MONDO *et al.*, (2009), a equação envolve o número de folhas, comprimento e largura da folha de referência. Essas diferenças podem estar relacionadas com os equipamentos usadas para a realização dos estudos, é provável que essas diferenças são devido ao material genético das variedades de milho, assim como, as condições agro ecológico em que a cultura é produzida, isto de uma ou de outra forma podem influenciar nos resultados obtidos.

Como mostra a figura abaixo (gráfico 3) entre os valores observados e estimados existe um ajuste muito forte e há correlação perfeita positiva entre as variáveis de valores preditos e

observados, portanto é um dos passos muito importante, pois é possível perceber que o modelo tem habilidade de reflectir a área foliar total da planta sem que haja necessidade de medir todas as folhas que fazem parte da planta.

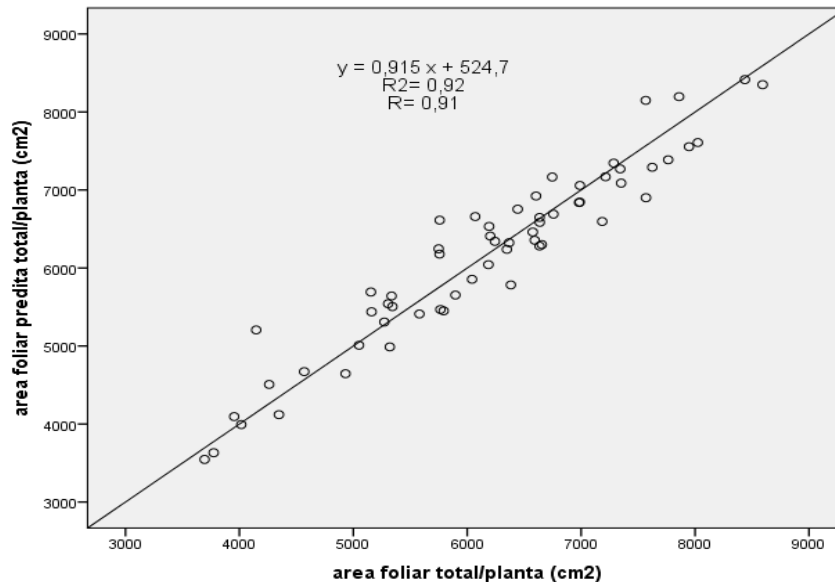


Gráfico 3: Representa a relação entre a área foliar total predita e observada (cm^2) com uma folha de referência da equação $AF = -1681,838 + 381,991N + 0,003C^2 * L^2 + 2,259h$. A pontuação preta indica uma relação 1:1 entre valores preditos e valores observados ($n = 60$). Campanha 2015/2016 no JAM.

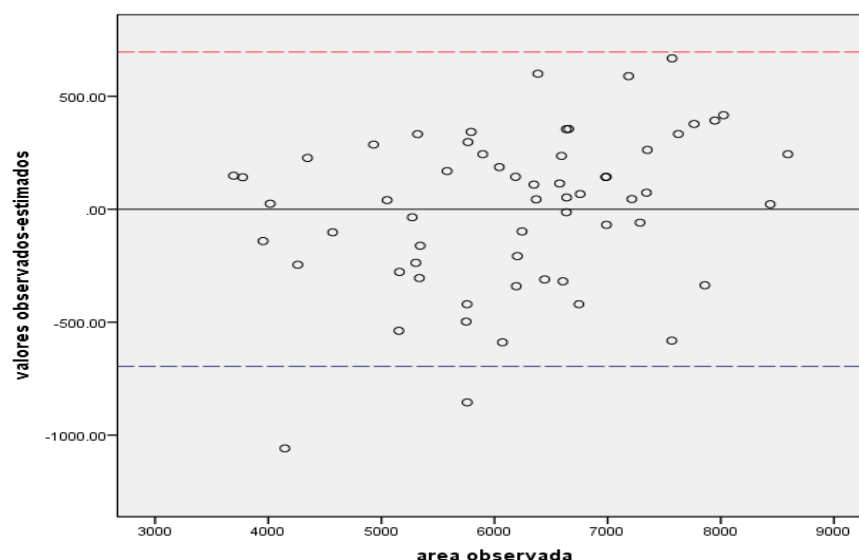


Gráfico 4: o gráfico acima representa as diferenças entre a área foliar observada e predita, estimada pelo modelo 4 *versus* área foliar observada. A linha horizontal contínua entre os valores positivos e negativos das diferenças de valores preditos e observados ilustra a média

das diferenças entre os valores em causa. A linha pontuada representa os limites de concordância, obtida ($M \pm 2DP$); onde M é a média das diferenças, e DP é o desvio padrão das diferenças entre valores observados e preditos. Campanha 2015/2016 no JAM.

As diferenças dos valores entre a área foliar observada e predita tiverem uma distribuição normal, 98% das diferenças estão nos parâmetros $M \pm 2DP$ (gráfico 4), considerados como limites de concordância o mesmo foi verificado por MOKHTARPOUR *et al.*, (2010). E 2% dos valores que se encontram fora dos limites pode ter ocorrido infrações no processo de medições no campo ou no processo de análise de imagem no *software imagej*.

4.3. Avaliação da aplicabilidade do modelo da área foliar da planta em diferentes estágios da cultura.

Vários métodos têm sido utilizados para a medição da área foliar, normalmente com o emprego de medidores electrónicos e técnicas de plânimetro (KVET & MARSHALL 1971), os quais apresentam custos elevados e são complexos e de difícil acesso. Neste sentido, as equações matemáticas para estimativa da área foliar foram desenvolvidas na busca de um método fácil e rápido de execução. Os mais comumente utilizados, e também avaliados no presente estudo, foram o comprimento ao longo da nervura principal e a largura máxima da folha. Os modelos que envolve uma folha de referência são considerados práticos e eficientes em termos de tempo gasto da pesquisa no campo da área foliar das plantas.

A área foliar de uma planta varia ao longo dos dias, por isso achou-se importante verificar a evolução da área foliar da cultura de milho variedade PAN 53 desde a fase vegetativa 3 (V_3) até o estágio reprodutivo 2 (R_2) ao longo dos dias após a emergência (veja a tabela 5).

Tabela 5: Variação da AF e IAF ao longo dos DAE

Estágios	V3	V6	V8	V12	V15	VT	R1	R2
DAE	15	30	45	53	57	60	70	75
AFM (cm ²)	280,0	1300	3400,0	5750,61	6329,236	7323,906	7323,91	6328,63
AFM (m ²)	0,028	0,13	0,34	0,58	0,632924	0,732391	0,732	0,632863
IAF(m ² .m ⁻²)	0,28	1,30	3,4	5,80	6,329236	7,323906	7,32	6,32863

DAE: dias após a emergência, AFM: área foliar média das 14 plantas da amostra, IAF: índice da área foliar média da amostra.

A tabela 5 acima ilustra a variação de índice da área foliar ao longo de dias após emergência da cultura de milho variedade PAN 53. Pode-se notar na tabela que os valores mínimos médios de índice da área foliar observado é de 0,28 m/m² e os valores máximos médios é de 7,32 m/m², valores similares a estes foram obtidos por MANFRON *et al.*, (2001) no milho híbrido F-5013 com uma densidade de 58000 plantas/ha em controvérsia neste estudo que continha aproximadamente 98000 plantas/ha. Desta forma pode se deduzir que o valor de IAF alcançado nesta cultura pode ser inferior ao valor alcançado, ou seja, o IAF de uma cultura é inversamente proporcionar a área ocupada no terreno. Estabelecendo o seu compasso óptimo que é de 75 cm entre linhas e 25 cm entre plantas terá uma densidade de 50 – 55000 plantas/ha de milho. De acordo com estudo feito por PANNAR (s/d), nestas condições PANNAR afirma que poderá ser alcançado o rendimento potencial do milho PAN 53 para questão de espaçamento. Nesse sentido pode-se notar que o JAM raramente poderá atingir o rendimento potencial nas condições que foi produzido o milho devido ao sobre adensamento da cultura, pois haverá um sombreamento mútua entre as plantas, não permitindo com que outras plantas obtenha acesso a radiação solar em quantidade necessária.

No presente trabalho, os valores máximos de área foliar e de índice da área foliar foram verificado desde o pendoamento (VT) até ao florescimento (R₁) como se nota no gráfico 5 abaixo, ao passo que para o estudo efectuado por ANDRADE *et al.*, (s/d), numa pesquisa da área foliar foi possível verificar os valores máximos de índice de área foliar foi apenas no florescimento da cultura de milho, assim como FIORIN *et al.*, (2001), verificou ocorrência de valores máximos de IAF apenas no florescimento, isto pode se dever a um simples facto de que a cultura de milho variedade PAN 53 pertence a uma classe das culturas com crescimento

intermediário, classificação feita por PANNAR (s/d), diferente do milho comum (*Zea mays* L.) que foi usada pelos autores acima citados.

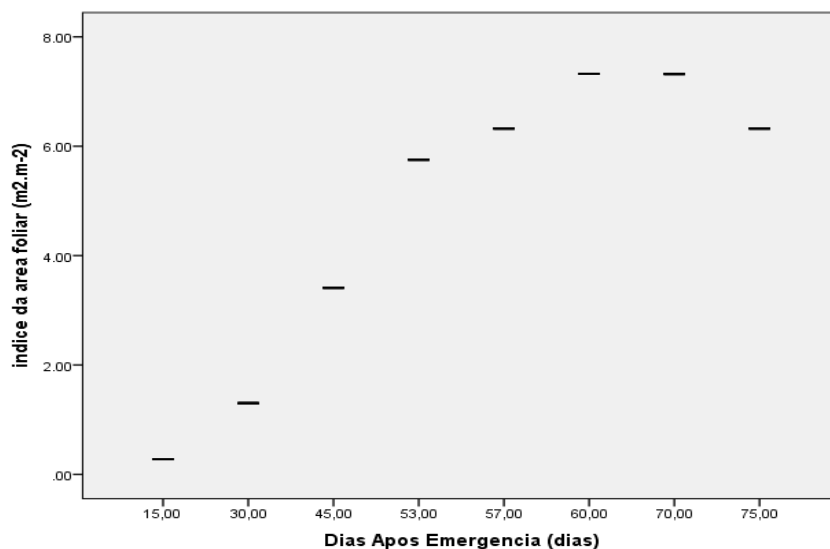


Gráfico 5: o gráfico acima ilustra a variação do índice da área foliar em função dos dias após a emergência da cultura de milho variedade PAN 53 desde a fase vegetativa 3 (V3) à estágio reprodutivo 2 (R₂).

V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

Na pesquisa verificou-se que dentre 6 modelos desenvolvidos para a determinação da área foliar individual. O modelo $AF = 0,624 + 0,74CL$ demonstrou uma boa eficiência de 99.7% em relação aos outros modelos, não só também, apresentou raiz quadrado médio do erro de $9,58 \text{ cm}^2$ e erro médio absoluto de $2,36 \text{ cm}^2$, portanto, esse modelo para o estudo de área foliar das plantas de milho pode trazer resultados muito próximo da realidade do campo. O produto de CL é uma boa ferramenta para o estudo de área foliar da cultura de milho variedade PAN 53, nesse sentido para a determinação da área foliar de milho não será necessário que se aplique métodos destrutivos, é possível aplicando métodos não destrutivos. O valor de declive no modelo constitui o factor de correcção (0,74) para a cultura de milho em estudo.

Para o estudo da área foliar da cultura de milho com uma folha de referência, o modelo $AF = -1681,838 + 381,991N + 0,003C^2 * L^2 + 2,25h$ foi o que apresentou boa eficiência de 92% em relação a outros modelos, assim como, os valores de raiz quadrado médio do erro de 345 cm^2 e erro médio absoluto de 274 cm^2 são valores inferiores em relação a outros 4 modelos propostos neste presente trabalho para o cálculo da área foliar com uma folha de referência na cultura de milho variedade PAN 53, este modelo é suficientemente preciso para ser utilizado com confiabilidade dos trabalhos de pesquisa no campo.

Aplicando o modelo para avaliar o índice da área foliar de milho foi crescente desde estágio vegetativo 3 até ao pendoamento, de pendoamento a R_1 manteve-se constante e de R_1 a R_2 começou a decrescer, do princípio a variação de um determinado estágio para o outro tinha uma duração de 15 dias e ao longo de desenvolvimento da cultura começou a reduzir o intervalo de dias de um estágio para o outro. O IAF máximo foi de $7,32 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ e mínimo de $0,28 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ alcançado na cultura de milho variedade PAN 53 na empresa JAM.

5.2 Recomendações

Aos agricultores que usam o híbrido PAN 53 de *Zea mays*, que optem em uso de compasso óptimo de (75 X 25) cm² para ver se atingirá os rendimentos potenciais uma vez que o IAF de uma cultura relaciona a área foliar da planta com a superfície do terreno ocupado, pois os rendimentos para o caso específico da JAM, foram de 12800 kg em 3 há, ou seja, ≈ 4300 kg/ha para campanha 2015/2016 ao passo que a empresa PANNAR afirma que os rendimentos potenciais da variedade estão na faixa de 8 a 10 000kg/ha.

Aos estudantes e investigadores na matéria relacionada a área foliar de uma cultura, se possível pautem em uso de métodos não destrutivos para a estimação da área foliar da cultura, pois permite a continuidade de estudo na mesma planta ao longo de desenvolvimento da cultura, sem prejuízo no rendimento da cultura.

Aos Investigadores em geral, que possam repetir a mesma pesquisa em diferentes cantos do país ou do mundo para saber quais serão os resultados em diferentes variáveis climáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE C., AMARAL T., GOMIDE R., ALBUQUERQUE P.; HEINEMANN A.; MENDES A.; FERNANDO F. ALVES F.; E ARAUJO S. (s/d).Área Foliar e Produtividade de Grãos de Cultivares de Milho, Submetidas à Déficit Hídrico. Sete Lagoas. 5P.
2. BARROS, R. S., MAESTRI, M.; VIEIRA, M.; BRAGAFILHO, L. J. Determinação de Área de Folhas do Café (Coffea arabica L. v. Bourbon Amarelo) (1973). Vol.20, Brazil, pp.44-52.
3. BROWN, D. M. (1977) Response of Maize to Environmental Temperatures: a Review. 3rd ed. USA. pp. 15-26.
4. BRÁS, A. (2006). Estados Fenológicos do Milho. Brasil, pp. 77-82.
5. BOSCO L.; BERGAMASCHI H.; CARDOSO L., PAULA V., CASAMALI B. (2012). Seleção de Modelos de Regressão para Estimar a Área Foliar de Macieiras sob Tela Antigranizo e em Céu Aberto. Bento Gonçalves. vol. 34, n. 2, pp 504-514, Junho
6. CÂMARA, G.M.S; HEIFFIG, L.S. (2000) Fisiologia, Ambiente e Rendimento da Cultura da Soja. Piracicaba, pp. 81-120.
7. DOURADO NETO, D (2000). Ecofisiologia e Fenologia: Agro-pecuária. 2^a ed. Brazil. pp. 251-254.
8. DEIXA, S. (2014). Rendimento e Período da Sementeira na Cultura de Milho em Sequeiro Usando o Modelo APSIM: Caso de Distrito de Sussudenga. 1^a ed. Maputo. p37
9. ETD, (2005).Plano de Desenvolvimento Distrital. Moçambique. PP.12-14.
10. FATO, P., CHAÚQUE, P., MULIMA, E., MUTIMBA, E., SENETE, C. & NHAMUCHO, E. (2011).Manual de produção de Milho.ed. 2^a. Maputo.
11. FATO, P.; DERERA, J.; TONGOONA, P.; MAKANDA, I. & SIBIYA, J. (2012).Heterotic Orientation of Tropical Maize Inbred Lines Towards Populations ZM523 and Suwan-1 Under Downy Mildew Infestation. South Africa. 7P.

12. FANCELLI, A. L (1998). Plantas Alimentícias: Guia para Aula, Estudos e Discussão. Piracicaba. 131p.
13. FIORIN T. CARLESSO R., PETRY M., ROSA G., MICHELON C., (2001) RELAÇÕES HIDRICAS E ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DO MILHO CULTIVADO EM DUAS ÉPOCAS DE SEMEADURA. Brazil. 5P.
14. FASCELLA, Giancarlo. DARWICH, Salem. AND ROUPHAEL, Youssef. (2013) .VALIDATION OF A LEAF AREA PREDICTION MODEL PROPOSED FOR ROSE. CHILEAN.5P. [http:// www.researchgate.net/publication/261526537](http://www.researchgate.net/publication/261526537)
15. FLUMIGNAN, D. L.; ADAMI, M. &FARIA, R. T. (2008) Área foliar de Folhas Integras e Danificadas de Cafeeiro Determinada por Dimensões Foliaves e Imagem Digital. Vol. III, Pp.1-6.
16. HANWAY, J. J. (1963). Growth Stages of Corn (Zea mays): Agronomy Journal, Madison, vol. 55, pp 487-492.
17. HERMANN E. & CÂMARA G. (1999). Um Método Simples para Estimar a Área Foliar da Cana-de-Açúcar. Vol 17. Piracicaba-SP. PP 32-34.
18. JUNIOR T., FAVARIN J.E., DOURADO-NETO J.L., D.; MAIA, A.H.N.; FAZOULI, L.C. &BERNARDES, M.S. (2002). Análise Comparativa de Métodos de Estimativa de Área Foliar em Cafeeiro. Bragantia, vol.61, p.199-203,
20. KOBAYASHI, K. & SALAM, M.U. (2000).Comparing simulated and measured values using mean squared deviation and its components: Agronomy Journal92, 345–352.
21. KVET, J. ONDOK, J.P., NECAS J. & JARVIS, P.G. (1971). Plant Photosynthetic Production. Hauge.p.343
22. LEME, E.A.J. MANIERO, M.A.& GUIDOLIN, J.C. (1984). Estimativa da Área Foliar da Cana-de-Açúcar e a Relação com a Produtividade. Brazil. PP 3-9,
23. LUCCHESI, A. A. (1987). Fatores da Produção Vegetal. s/l. 11p.

24. MAGALHÃES, P.C.& JONES, R. (1990) Aumento de Fotoassimilados na Taxa de Crescimento e peso Final dos Grãos de Milho. Vol.25. Basil. pp.1747-1754.
25. MAGALHÃES, P.C. DURÃES, F.O.M. OLIVEIRA, A. C. & GAMA, G. (1999) Efeitos de Diferentes Técnicas de Despendoamento na Produção de Milho. v. 56, Piracicaba. 16p.
26. MAGALHÃES, P.C. RESENDE, M.; OLIVEIRA, A. C. de; DURÃES, F.O.M.; SANS, L. M. A. (1994). Caracterização Morfológica de Milho de Diferentes Ciclos. Sete Lagoas. P 190.
27. MAGALHÃES, P. C; DURAES, F. O. M.; PAIVA, E. (1995). Fisiologia da Planta de Milho. Sete Lagoas. 27P.
28. MAGALHÃES, P. C; DURAES, F. O. M.; PAIVA, E; CARNEIRO, N. P. (2002). Fisiologia da Planta de Milho. Sete Lagoas. 23P.
29. MOKHTARPOUR H, CHRISTOPHER B.S. TEH, GHIZAN SALEH, AHMAD B. SELAMAT MOHAMMAD E. ASADI, BEHNAM K. (2010). Non-destructive Estimation of Maize Leaf Area.Poland. v. 5, pp. 19–26.
30. MULLER, L. (1981). A soja no Brasil.Campinas, Pp. 109 - 129.
31. MOREIRA W., JUNIOR E., TORMENA C., FIDALSKI J., YAGI R. (2011) Comparação de Duas Metodologias para Determinação da Permeabilidade do Solo ao Ar. Brasil.5p
32. PORTES, T. de A. e CASTRO JR, L. G. (1993). Análise de Crescimento de Plantas: um Programa auxiliar. Brasil.
33. NIELSEN, R. L. (2000). Corny News Network.West Lafayette. 35p.
34. PEREIRA, L. ; CARAMORI, P. RICCE, W. CAVIGLIONE, H., (2008)Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática. V.29, Londrina. 302p
35. PANNAR (s/d). Guia do AGRICULTOR. Angola. 4p.
36. PANNAR. (s/d). PRODUCT CATALOGUE. Ghana. 6p. Disponível no Web: <http://www.pannar.com>

37. RITCHIE, S. W., HANWAY, J. J. & BENSON, G. O. (1993). How a Corn Plant Develops. Vol. 48, Iowa, 85p.
38. REIS S., AZEVEDO CARLOS A., ALBUQUERQUE W. & JUNIOR Índice de Área Foliar e Produtividade...(2013.), vol.17. Brazil, pp. 386 – 391.
39. ROMANO, Marcelo. (2005). Desempenho Fisiológico da Cultura de Milho com Plantas de Arquitetura Contrastante. Brazil. 100p.
40. SEZER Ismail; ONER Fatih & MUT Zeki.,(2009).Non-destructive Leaf Area Measurement in Maize (Zea mays L.)Turkey.p. 785-790
41. SCHWERZ L.; PILAU F.; BATTISTI R., SOMAVILLA L.; SCHWERZ F. & SOMAVILLA A. (2012) Estimação da Área Foliar em Híbridos de Milho com Arquiteturas Foliares Contrastantes por Meio de Dimensões e Massa das folhas. Santa Maria. Pp 367-371.
42. SOUZA, MC.;& HABERMANN, G; (2014).Non-destructive Equations to Estimate the Leaf Área of *Styrax pohlii* and *Styrax ferrugineus*.vol. 74, SP, Brazil. February 28, pp. 222-225
43. SCHWAB N; STRECK N; REHBEIN A; RIBEIRO B; ULHMANN L; LANGNER J. & BECKER C. (2014) Dimensões Lineares da Folha e Seu Uso na Determinação do Perfil Vertical Foliar de Gladiolo Campinas. vol. 73, p.97-105.
44. USAID, (2011). Milho uma Cultura de boa Nutrição e de muita Energia. Pp.1-15. Disponível na www.iiam.co.mz.
45. VAZ MONDO V., PINTO DE CARVALHO S., LABONIA V, NETO D& CICEROS. (2009). Comparação de Métodos para Estimativa de Área foliar em Plantas de Milho.Vol 8. Brazil. p.233-246.
46. WILLMOT, C.; ACKLESON, S.; DAVIS, J.; FEDDEMA, K.; KLINK, K.; LEGATES, D.; DONNELL, J. & ROWE, C.M. (1985). Statistics for the Evaluation and Comparison of Models. Vol. 90, Malasyiap. 8995-9005.

47. WATSON, D.J. (1947). Comparative Physiological Studies on the Growth of Field Crops. Annals of Botany , vol.41, p. 41-76,
48. ZHANG Huiru, TAN Fanglin, YOU Huiming & HUANG Li., (2014). Models for Estimation of Single Leaf Area of Mangrove Trees based on Leaf Length and Width. Vol.12. China.PP.201-205.

APÊNDICES E ANEXOS

Apêndice nº I: Área total das catorze plantas de amostra

Tabela nº1: a tabela abaixo ilustra dados colhidos de amostra catorze (14) planta que aplicou-se o método de mensuração de área foliar com uma folha de referência.

Estágios	V3	V6	V8	V12	V15	VT	R1	R 2
DAE	15	30	45	53	57	60	70	75
P1	286,677	1532,5	3806,87	5657,869	6956,43	7584,09	7584,09	6056,1
P2	641,914	1351,7	2454,44	4246,63	4821,77	5929,19	5929,19	4401,2
P3	296,076	1628,63	3736,69	6452,18	7026,19	8381,41	8381,41	7235,44
P4	628,656	1259,5	2560,48	4743,92	5341,64	6759,68	6759,68	5613,5
P5	41,516	730,221	3498,19	5836,36	6353,89	7524,81	7524,81	6760,82
P6	246,56	1276,44	3324,25	5824,26	6384,71	7227,48	7227,48	6081,51
P7	250,168	1341,82	3629,67	5555,14	6131,4	7002,93	7002,93	6238,95
P8	268,23	617,31	4236,73	6373,76	6561,25	7186,98	7186,98	6623
P9	133,069	1465,91	4179,06	5894,63	6043,72	7045,95	7045,95	6663,96
P10	81,7685	1102,17	2062,47	5744,22	6318,23	7422,92	7422,92	6276,95
P11	259,388	1106,69	3493,15	6288,53	6880,61	7764,56	7764,56	7000,58
P12	250,975	1619,19	3973,52	6365,43	6906,68	7428,28	7428,28	6282,3
P13	244,508	1701,6	3482,81	5575	6040,57	7473,43	7473,43	6709,45
P14	264,255	1525,48	3330,65	5950,59	6842,21	7802,97	7802,97	6657

Pn é a planta n, Vn é estágio vegetativo n e Rn é o estágio reprodutivo n. DAE é dias após a Emergência de milho

Apêndice nº II: Coeficientes e seus respectivos erros dos modelos

Tabela nº 2: Coeficientes e seus respectivos erros de modelos de estimação da área foliar individual da cultura de milho variedade PAN 53.

	$a(\pm EP)$	$b(\pm EP)$	$c(\pm EP)$	$d(\pm EP)$	
	-186,3 ($\pm 15,45$)	8,65($\pm 0,179$)			69,288
2	0,624 ($\pm 1,164$)	0,740 ($\pm 0,002$)			2,36
	-430($\pm 6,57$)	6,10($\pm 0,074$)	53,89($\pm 0,79$)		22,90
4	-37,61($\pm 7,31$)	6,043($\pm 1,846$)	0,039($\pm 0,01$)	3,227($\pm 0,118$)	18,60
	-47,809($\pm 11,16$)	0,887($\pm 0,295$)	0,033($\pm 0,002$)	3,584 ($\pm 0,031$)	10,98
6	-195,28($\pm 19,61$)	86,69 ($\pm 2,257$)			82,25

a é constante no modelo, b , c e d são parâmetros matemático dos modelos, EP erro padrão e MAE é erro médio absoluto

Tabela nº 3: coeficientes e seus respectivos erros de modelos de estimação da área foliar de milho com uma folha de referência.

	$a (\pm EP)$	$b(\pm EP)$	$c(\pm EP)$	$d(\pm EP)$	
	-7143 ($\pm 1833,6$)	68 ($\pm 18,23$)	638,9(± 100)		618,62
2	-5321,35 ($\pm 548,9$)	472,6($\pm 35,68$)	0,287($\pm 0,042$)	32,2($\pm 2,99$)	288,67
	-2540,4($\pm 605,45$)	476,25($\pm 35,99$)	0,003($\pm 0,001$)	1,228($\pm 2,52$)	295,90
4	-1681,84 ($\pm 442,06$)	381,99(± 46)	0,003($\pm 0,001$)	2,26($\pm 0,767$)	274,05
	-3332,31 ($\pm 455,98$)	471,101($\pm 35,73$)	0,021($\pm 0,006$)	0,197 ($\pm 0,054$)	290,28

a é constante no modelo, b , c e d são parâmetros matemático dos modelos, EP erro padrão e MAE é erro médio absoluto. O valor de erro padrão está entre parêntese.

Apêndice nº III: Sumário de Modelos Apurados

Tabela nº 4: Sumário de modelo 2 da área foliar individual

Modelo	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	T	Inferior	Superior	sig
	Beta	Erro padrão	Beta		95,0%	95,0%	
Constante	0.624	1.164		0.536	-1,661	2,90	0,592
CxL (cm ²)	0.740	0.002	0.999	491.0	0,737	0,74	0,000

CxL é o produto de comprimento (C) e a largura da folha (L). A variável CxL é significativa para $\alpha = 5\%$ da tabela t.

Tabela nº 5: sumário de modelo 4 para estimação da área foliar total da planta

Modelo	Coefic Não Padr		Coef Padr.	t	Inferior	Superio	Sig
	B	Erro padrão	Beta		95.0%	r 95.0%	
Consta	-1681.83	442.059	0.460	-3.80	-2567,389	-796,28	0.000354
N	381.991	46.004	0.647	8.303	289,834	474,14	0.000000
C ² xL ²	0.003	0.000	0.158	15.766	0,0028	0,0036	0.000000
H	2.259	0.767	0.460	0,7233	0,7233	3,7956	0.004677

N é o número de folhas; L é a largura da folha de referência e C é o comprimento da folha de referência; h é altura da planta. Todas as variáveis são significativas para $\alpha = 5\%$ da tabela t.

Apêndice nº IV: Cronograma das Actividades

ANO 2015												
ATIVIDADES	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Seleção das amostras após 2 semana (23/06/2015) depois da sementeira.						x						
Aos 02/07 foram retiradas as primeiras medidas da área foliar, encontrando-se planta na V3							X					
Aos 20/07 segunda recolha de dados referente área foliar na V6 e 31/07 a terceira recolha na V8.												
04/08 Retirada de dados aplicando método destrutivo na V8, para 30 amostras das 60.												
12/08 Medição das folhas para as restantes amostra com método de dimensões foliares, V10								X				
19/08 Medição da área foliar na V12												
26/08 Medição da área foliar na R1 com dimensões foliar e método destrutivo das restantes 30 amostras.												

Apêndice nº V: Imagens captadas referentes a pesquisa

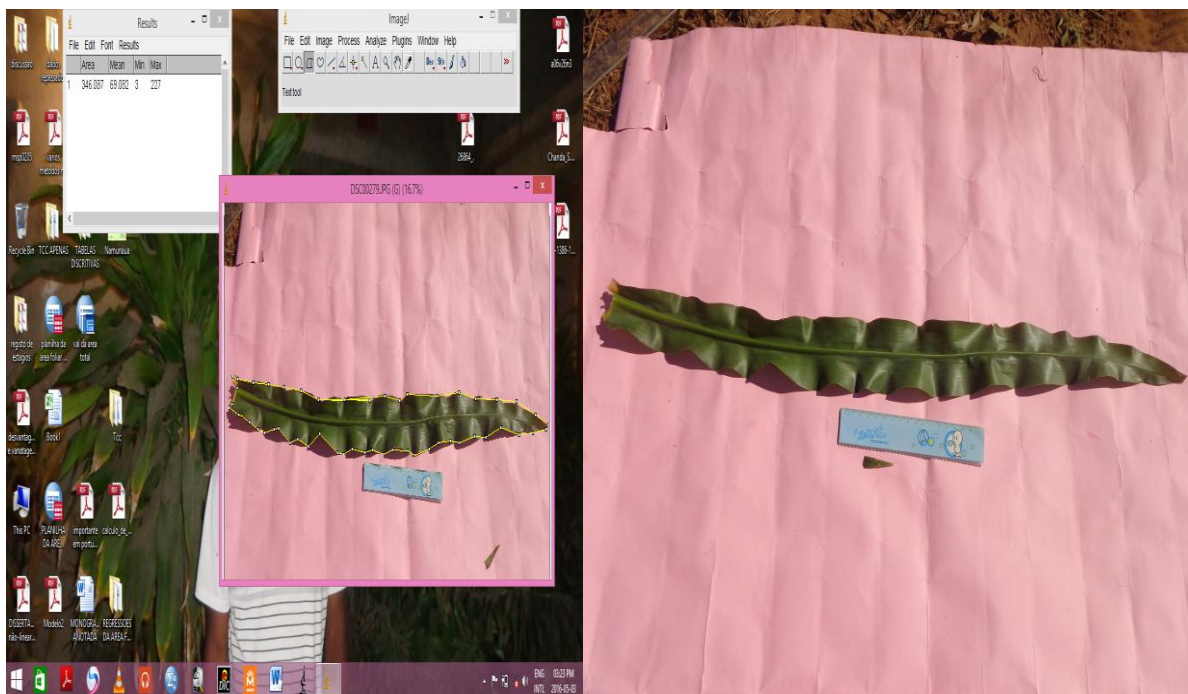


Figura A: análise da folha com *imagej*

Figura B: captação de fotografias das folhas



Figura C: Medição de altura na planta

Figura D: imagem da cultura no campo na R1