

Dedicatória

A Deus,

meu refúgio e fortaleza,

a Ele toda a honra e toda a glória.

Aos meus pais,

Abdul Mutualbo Americano e Gertrudes Jaime Massango,

por serem os principais responsáveis pela formação do meu carácter;

ao meu marido Venâncio pelo amor, dedicação e apoio incondicionais

e aos meus queridos filhos Yannick e Ngugwa.

Aos meus irmãos,

Julieta Americano, Hélder Gove e Emídio Banda.

Agradecimentos

A Deus, por ser a minha fortaleza, proporcionando tudo em minha vida.

Ao meu marido Venâncio pelo seu amor, amizade, paciência, apoio e ajuda em meus trabalhos e à sua família que sempre me acolheu com muito carinho.

Aos meus filhinhos Yannick e Ngugwa, pelo carinho e sorriso sincero, que me dão forças para prosseguir.

À Universidade Eduardo Mondlane, em especial àqueles que fazem parte do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, pela oportunidade para a realização do curso e aos docentes no geral.

À Aliança para a Revolução Verde em África, pela concessão da bolsa.

Ao meu supervisor, Prof. Dr. Rogério Marcos Chiulele, pela orientação, confiança e direcionamento na pesquisa.

Ao Eng. João Nuvunga, pela ajuda nas pesquisas.

Aos colegas do grupo de pesquisa, na realização do trabalho, Dirce Madeira, Lizarda Cossa, Norberto Guilengue, Lúcia Fernandes e Domingos Cossa.

A todos que contribuíram, directa ou indirectamente, para o desenvolvimento desta dissertação.

A todos vocês, os meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

Janete Mutualbo Americano, nasceu a 06 de Novembro de 1986, na cidade de Maputo. Concluiu no ano de 2004, o Ensino Geral, na cidade de Maputo. Em 2005 iniciou o curso de Licenciatura em Engenharia Agronómica na Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane. Em 2009 realizou o trabalho de fim de curso com o tema *Identificação dos inimigos naturais da traça da couve (Plutella xylostella) na zona baixa de Boane*.

Em 2010, conclui o curso de Licenciatura em Engenharia Agronómica pela Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane. No ano de 2013, foi apurada, em concurso público, para integrar o quadro de pessoal do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique, onde até à data é funcionária. Em 2011, ingressou para o curso de Pós-graduação em Produção vegetal, nível de Mestrado, na Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane.

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro que esta tese é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu supervisor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto e na bibliografia final.

Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma instituição para a obtenção de qualquer grau académico.

Maputo, aos 15 de Março de 2014

ÍNDICE

BIOGRAFIA.....	iii
ÍNDICE	v
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	x
LISTA DE ABREVIATURAS	xii
ESTRUTURA DA TESE.....	xiii
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
1.1 Generalidades sobre a cultura de feijão nhemba.....	1
1.3 Objectivos do estudo.....	3
1.3.1 Objectivos específicos:.....	3
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
CAPÍTULO II	6
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 Introdução.....	6
2.2 Necessidades hídricas da cultura de feijão nhemba.....	6
2.3 Stress hídrico	7
2.4 Efeito do stress hídrico no feijão nhemba.....	8
2.5 Efeito do stress hídrico no crescimento e desenvolvimento da cultura do feijão nhemba	9
2.6 Efeito do stress hídrico no rendimento e componentes de rendimento	11

2.7 Mecanismos de adaptação da planta durante o stress hídrico	13
2.8 Mecanismos de adaptação/tolerância a seca.....	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
CAPÍTULO III.....	23
DETERMINAÇÃO DO MECANISMO DE TOLERÂNCIA DE 24 VARIEDADES DO	23
FEIJÃO NHEMBA AO STRESS HÍDRICO	23
Resumo.....	23
3.1 Introdução	24
3.2 Materiais e métodos	25
3.2.1 Descrição do local de estudo.....	25
3.2.2 Germoplasma usado no estudo	26
3.2.3 Desenho experimental, descrição do ensaio e dos tratamentos e colheita de dados	27
3.2.4 Métodos de avaliação qualitativa.....	27
3.2.5 Análise de dados	29
3.3 Resultados.....	29
3.3.1 Análise de Cluster.....	32
3.4 Discussão	33
3.5 Conclusões.....	34
3.6 Referências bibliográficas.....	35
CAPÍTULO IV	38
IDENTIFICAÇÃO DE VARIEDADES TOLERANTES AO STRESS HÍDRICO	38
Resumo.....	38

4.1. Introdução.....	38
4.2 Materiais e métodos	40
4.2.1 Descrição das condições do ensaio e dos tratamentos.....	40
4.3 Resultados.....	41
4.3.1 Variedades de feijão nhemba tolerantes ao stress hídrico.....	41
a) Número de folhas.....	42
b) Altura da planta.....	44
c) Número de dias para o surgimento da 1ª flor.....	46
4.3 Discussão	49
d) Número de folhas.....	50
e) A altura da planta.....	51
f) Número de dias para o surgimento da 1ª flor e número de flores.....	52
4.5 Conclusões e recomendações	53
4.5.1 Conclusões	53
4.5.2 Recomendações	53
4.6 Referências bibliográficas.....	54
CAPÍTULO V.....	56
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
ANEXOS.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Características de 24 variedades usadas no ensaio	26
Tabela 2 Identificação das 24 variedades de feijão nhemba utilizadas no dendrograma abaixo...	32
Tabela 3 Efeito do tipo de stress na altura da planta, número de folhas por planta e parâmetros de floração em 24 variedades de feijão nhemba.	43
Tabela 4 Pontuações das Variedades e Índice de soma das pontuações (RSI) mostrando os parâmetros de crescimento de tolerância ao stress hídrico do Feijão nhemba	45
Tabela 5 Análise de variância para os parâmetros número das flores, altura das plantas e número das folhas	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Variedades mais susceptíveis.....	30
Figura 2 Variedades com mecanismo de tolerância ao stress do tipo 1	31
Figura 4 Dendograma de 24 variedades de feijão nhemba, baseado em 7 características qualitativas	32
Figura 5 Evolução do sintoma de stress de acordo com o tempo.....	48
Figura 6 Efeito dos regimes de água (stressado e não stressado) na altura das plantas de 24 variedades de feijão nhemba	51
Figura 7 Efeito dos regimes de água (stressado e não stressado) no número de flores de 24 variedades de feijão nhemba	52

RESUMO

A cultura do feijão nhemba (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é cultivada principalmente em algumas regiões mais secas do mundo, onde é uma das leguminosas mais resistentes à seca. Apresenta-se com baixos índices de produtividade, devido, principalmente, à ocorrência de deficit hídrico. O trabalho teve por objectivo avaliar o mecanismo de tolerância ao stress hídrico de 24 variedades de feijão nhemba (*Vigna unguiculata* L. Walp) visando seleccionar variedades tolerantes ao stress hídrico para programas de melhoramento. O ensaio foi realizado na estufa da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane. O mesmo consistiu em dois regimes de água, o regime irrigado, em que as plantas receberam água durante todo o ensaio, e o stressado, em que as plantas foram stressadas desde os 15 dias depois da emergência (DAE) até ao término do ensaio. O projecto final tem a seguinte estrutura: Introdução geral da tese (capítulo I), Revisão bibliográfica (capítulo II), Artigo 1 - Determinação do mecanismo de tolerância das variedades ao stress hídrico (capítulo III), Artigo 2 ó Identificação de variedades tolerantes ao stress hídrico (capítulo IV) e Visão geral da tese (capítulo V). Foi utilizado o delineamento de blocos completos casualizados com quatro repetições. As variedades usadas foram as seguintes: APAGBAALA, BAMBEY-21, INIA-152, INIA-41, INIA-73, IT-00K-126-3, IT-16, IT-18, IT-84S-2049, IT-84S-2246, IT-85F-3139, IT-95M-303, IT-97K- 1069-6, IT-97K-284-4, IT-98K-105-5, IT-98K-1111-1, K VX-61-1, MOUGNE, SESSAQUE, SH-50, UC-524-B, UC-CB-27, UC-CB-46 e UCR-P-24. As variáveis medidas foram as seguintes: data de emergência, data de floração, número e características de folhas unifolias e trifolias, altura e número de flores e sintomas de stress. Os sintomas de stress foram avaliados usando uma escala de 1 a 5, onde 1 significa não stress e 5 stress severo ou morte da planta. Foram identificados dois tipos de mecanismos que as variedades usam para tolerar o stress hídrico. As variedades com o mecanismo de tolerância do tipo 1 foram as seguintes: Bambey 21, Apagbaala, IT-84S-2246, INIA-41, UCR-P-24, IT-18, IT-98K-1111-1 e IT-85F-3139, em que as folhas unifolias e trifolias da base tornavam-se murchas rapidamente, enquanto o meristema e as folhas trifolias do topo continuavam brilhantes, continuando o crescimento lento das folhas trifolias. Nas variedades com o mecanismo de tolerância do tipo 2, as folhas unifolias e as trifolias, tanto da base como do topo, tornavam-se murchas rapidamente, como forma de conservar a humidade em todos os tecidos da planta, tal foi o caso das variedades MOUGNE, IT-00K-126-3,

IT-16, UC-CB-27 e SH-50. Os resultados mostram que, em ordem dos parâmetros morfológicos, as variedades são tolerantes ao stress hídrico de melhor a pior: INIA-73, IT-18, IT-97K-284-4, IT-85F-3139, IT-97K-1069-6, IT-98K-1105-5, BAMBEY-21, IT-16, IT-84S-2246, SESSAQUE, INIA-41, IT-95M-303, IT-98K-1111-1, APAGBAALA, INIA-152, UCR-P-24, IT-00K-126-3, SH-50, UC-524-B, IT-84S-2049, K VX-61-1, MOUGNE, UC-CB-27 e UC-CB-46.

Palavras chave: *vigna unguiculata* (L.) walp., stress hídrico, sintoma, mecanismo de tolerância.

LISTA DE ABREVIATURAS

TIA ó Trabalho de Inquérito Agrícola

INE ó Instituto Nacional de estatística

DBCC ó Delineamento de Blocos Completos Casualizados

DAE ó Dias Após a Emergência

SH- Stress Hídrico

RSI ó Ranking Summation Index

TP ó Tipo de Stress

N ó Nitrogénio

D- Dia

S- Sintoma

DAS- Dias Após o Stress

Kcal - Quilocalorias

u.i ó Unidades Internacionais

IITA ó Instituto Internacional de Agricultura Tropical

ESTRUTURA DA TESE

A presente tese é composta por 5 capítulos organizados do seguinte modo:

- No capítulo 1 são apresentadas as generalidades sobre a cultura do feijão nhemba para contextualizar o estudo, o problema e os objectivos do estudo.
- No capítulo 2 é feita uma revisão sobre a literatura relevante para o estudo, com enfoque sobre o stress hídrico e os mecanismos de tolerância à seca
- O capítulo 3 apresenta os resultados sobre os mecanismos de tolerância à seca. Este capítulo consiste de uma introdução, materiais e métodos e os resultados e discussão do estudo.
- O capítulo 4 apresenta os resultados sobre a identificação de variedades tolerantes ao stress hídrico. Este capítulo também consiste de uma introdução, materiais e métodos, os resultados e a discussão do estudo, e apresenta as conclusões.
- Por fim, o capítulo 5 faz uma discussão geral da tese e apresenta as principais conclusões e recomendações do estudo.

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1.1 Generalidades sobre a cultura de feijão nhemba

Admite-se que o feijão nhemba (*Vigna unguiculata* (L) Walp), tenha surgido há 2300 a.C., no sudoeste de África (Singh e Rachie, 1985). Ehlers e Hall (1997) citam a Nigéria como o centro primário de diversidade da espécie enquanto Ng e Marechal (1985) citados por Heemskerk (1985) relatam que, provavelmente, a região do Transvaal, na África do Sul seja a região de especiação de *V. unguiculata*. Pensa-se que, a partir de África, esta cultura se tenha espalhado pelo Egipto, Ásia e pelo Mediterrâneo (Singh *et al.*, 2003).

O feijão nhemba é uma das leguminosas mais adaptadas, versáteis e nutritivas entre as espécies cultivadas. Ele é uma excelente fonte de proteínas (23-25% do peso seco em média) e apresenta alguns aminoácidos essenciais como a lisina, carboidratos (62% em média), vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras dietéticas, baixa quantidade de gordura, teor de óleo de 2%, em média. É cultivado, principalmente, nas regiões áridas e semi-áridas onde é uma das leguminosas mais resistentes à seca (Ehlers e Hall, 1997). É uma cultura bastante importante nas regiões tropicais e subtropicais da África Subsaariana, onde é cultivada para a obtenção de folhas, grão fresco e seco para a alimentação humana.

Em Moçambique, o feijão nhemba é uma cultura bastante importante. É cultivado em todo o país pelo sector familiar para a obtenção de grão seco, vagem fresca e folhas para a alimentação humana e venda. Segundo Heemskerk *et al.*, (1985), o feijão nhemba é uma leguminosa que desempenha um papel importante na composição da produção agrícola Moçambicana. Constitui alimento básico para a população, exercendo a função social de suprir as necessidades alimentares das populações mais carentes. É também uma fonte de rendimento, no meio rural, onde os camponeses consomem e comercializam as folhas e o grão. Nos países menos desenvolvidos é amplamente cultivado pelos pequenos e médios produtores, sem o uso de irrigação, e, por isso, em mais de 60% do seu cultivo é observada deficiência hídrica em algum estágio de desenvolvimento da cultura (Singh, 1995).

Apesar de ser uma cultura bastante importante, a produção e produtividade da cultura são afectados por uma vasta gama de factores que incluem os bióticos e os abióticos (Shao, 2008).

Dentre os factores abióticos que afectam a produção e produtividade da cultura, o stress hídrico é um dos factores mais importantes. A resposta mais proeminente das plantas ao stress hídrico, segundo McCree & Fernández (1989) e Taiz & Zeiger (1991), consiste no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estomas, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas.

Dada a importância da seca na produção e produtividade, o desenvolvimento de variedades tolerantes à seca é crucial. Todavia, o conhecimento das variedades tolerantes à seca bem como dos mecanismos que governam a tolerância é ainda bastante limitado no país. É nessa perspectiva que o presente trabalho foi desenvolvido com o objectivo de avaliar a tolerância de 24 variedades de feijão nhemba (*Vigna unguiculata* L. Walp) ao stress hídrico e determinar os mecanismos de tolerância do feijão nhemba à seca.

1.2 Problema do estudo e justificação

O stress hídrico é um dos maiores constrangimentos para a produção e produtividade da maior parte de culturas alimentares em todo o mundo (Rachie, 1985 citado por Carvalho *et al.*, 1998). O stress hídrico é também um dos maiores constrangimentos para a produção e produtividade do feijão nhemba em Moçambique. O stress hídrico afecta a produção e a produtividade porque a cultura é produzida, exclusivamente, em condições de sequeiro e as chuvas têm sido regulares ao longo de todo o ciclo de crescimento da cultura, de curta duração e ocorrem em quantidades reduzidas. Em adição, o período do seu início e término tem sido cada vez mais imprevisível.

Recentemente, estabeleceu-se no país o Programa de Melhoramento do Feijão Nhemba . Dentre os objectivos do melhoramento destaca-se a necessidade de se desenvolver variedades tolerantes ao stress hídrico para as zonas propensas à ocorrência da seca. O desenvolvimento, bem como a libertação dessas variedades requer um conhecimento profundo sobre a sua tolerância, assim como sobre os mecanismos que as mesmas usam para tolerar o stress hídrico. Foi nessa perspectiva que o presente estudo foi conduzido para avaliar a tolerância de 24 variedades de feijão nhemba ao stress hídrico e determinar os mecanismos que as variedades usam para tolerar o stress hídrico. Essa informação vai contribuir para a identificação de variedades candidatas à

libertação para o cultivo em zonas propensas à seca, bem como para a utilização das mesmas no programa de melhoramento do feijão para a tolerância à seca em Moçambique.

1.3 Objectivos do estudo

O objectivo geral deste estudo foi o de avaliar a tolerância de 24 variedades de feijão nhemba e os mecanismos envolvidos na tolerância das variedades

1.3.1 Objectivos específicos:

- Identificar as variedades tolerantes ao stress hídrico
- Determinar os mecanismos de tolerância de 24 variedades de feijão nhemba ao stress hídrico
- Produzir domínios de recomendação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, MH C, LAFFRAY EP. LOUGUET. 1998. Comparison of the physiological responses of *Phaseolus vulgaris* and *vigna unguiculata* cultivars when submitted to drought conditions. *Environmental and Experimental Botany*. 40: 197-207.
- EHLERS, JD and HALL, AE, 1997. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Field Crops Research*, 53: 187-204.
- GWATHMEY, CO and HALL, AE 1992; Adaptation to midseason drought of cowpea genotypes with contrasting senescence traits. *Crop science*. 32: 773-778.
- HEEMSKERK, W, SIMANGO, J S and LEONARDO, A. 1998. Resultados da investigação de feijão nhemba (*Vigna unguiculata* L. Walp) 1982-1987. INIA. Projecto UNDP/FAO/MOZ/86/009. Documento de campo nº 2.61.
- HEEMSKERK, W. 1985. *Cultura do feijão nhemba*. Divulgação série-agricultura, nº 1. Ministério da Agricultura. Moçambique.
- INE 2008. Censo Agro-pecuário. Evolução da produção agrícola das culturas alimentares básicas. Moçambique. 6 p. Disponível em www.ine.gov.mz/agricultura/feijãonhemba, acessado aos 26 de Fevereiro de 2013.
- KARAMANOS, AJ, ELSTON, J and WADSWORTH, RM 1982. Water stress and leaf growth of field beans (*Vicia faba* L.) in the field: Water potentials and lamina expansion. *Annals of Botany* 49:815-826.
- MAI-KODOMI, Y, SINGH, BB, TERAOKA, T, MYERS, JR, YOPP, JH and GIBSON, PJ 1999a. Inheritance of drought tolerance in cowpea. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 59: 317-323.
- MCCREE, K J and FERNÁNDEZ, C.J.1989. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. *Crop science*. 29: 335-360.

- NG, N Q.; MARECHAL, R. Cowpea taxonomy, origin and germplasm. In: Cowpea research, production and utilization, edited by S R Singh and K O Rachie. 11-21. Chichester, England, John Wiley. 1985.
- RACHIE, K O and SINGH, S R. 1985. Cowpea research, Production and utilization. Chichester, John Wiley, 137-151.
- SHAO, H, CHU L, CHERUTH. AJ and ZHAO, C 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *C. R. Biologies*. 11 (3): 225-234.
- SINGH, BB. AJEIGBE, HA. TARAWALI, SA. FERNANDEZRIVERA, S. ABUBAKAR, M. 2003. Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder. *Field Crops Research*. 84:1696177.
- SINGH, BR 1995. Soil management strategies for the semi-arid ecosystem in Nigeria. The case of Sokoto and Kebbi states. *African Soils*. 25: 317-320.
- SINGH, S. and RACHIE .K. 1985. Cowpea Research Production and Utilization. *Library of Congress Cataloging in publication data*. US. 460.
- TAIZ, L, ZEIGER. 1991. Plant physiology. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City.
- TIA (Trabalho de Inquérito Agrícola) 2008. Área cultivada com as principais culturas, pequenas e médias explorações por culturas, ano e província. MINAG/DE. 4p. Disponível em: www.ine.gov.mz/agricultura/feijãohemba. Acesso aos 10/08/2012.
- WATANABE, I. HAKOYAMA S, TERAJO, T and SINGH, BB. 1997. Evaluation method for tolerance of cowpea. Pp. 141-146. In: Singh BB, Mohan Raj DR, Dashiell KE and Jackai LEN (eds). Advances in Cowpea research. *Co-publication of International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria and Japan International Research Centre for Agricultural Sciences (JIRCAS)*, Sayce Publishing, Devon, UK.

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Introdução

Neste capítulo é feita a revisão da literatura relevante para a pesquisa. Os assuntos revistos no capítulo incluem: as necessidades hídricas da cultura de feijão nhemba, o efeito do stress hídrico no crescimento e desenvolvimento, rendimento do feijão nhemba e os mecanismos de tolerância do feijão nhemba ao stress hídrico

2.2 Necessidades hídricas da cultura de feijão nhemba

As necessidades hídricas do feijão nhemba variam de acordo com o seu estágio de desenvolvimento. O consumo de água aumenta de um valor mínimo na germinação até um valor máximo na floração e na formação de vagens, decrescendo a partir do início da maturação (Ehlers e Hall, 1997), podendo variar de 300 a 450 mm/ciclo bem distribuídos nos diferentes estágios de desenvolvimento. As necessidades hídricas da cultura dependem da variedade, do solo e das condições climáticas locais. O consumo hídrico diário raramente excede 3,0 mm, quando a planta está na fase inicial de desenvolvimento.

No período compreendido entre o pleno crescimento, floração e enchimento de vagens, o consumo de água pode-se elevar para 5,0 a 5,5 mm diários, conforme valores relatados por Bergamaschi *et al.* (1999). Lima *et al.* (2006) estudando o balanço hídrico no solo cultivado com feijão nhemba, concluíram que a evapotranspiração para o ciclo e média diária foram de 383,02 mm e 4,12 mm, respectivamente. O maior consumo de água ocorreu na fase reprodutiva, com valor médio de 3,65 mm dia⁻¹. Gomes-Filho (2002) observaram valores médios nessa fase, de 4,6 mm dia⁻¹.

A produtividade das plantas, limitadas pela seca, depende da quantidade de água disponível naquele ambiente e da eficiência do seu uso pelo organismo. Assim, uma planta capaz de obter mais água ou que tenha maior eficiência no seu uso, resistirá melhor ao stress hídrico, (Taiz e Zeiger, 2004).

De acordo com Gomide *et al.* (1998), as respostas das culturas à variação de níveis hídricos, bem como o aumento na eficiência da utilização de água pelas plantas têm contribuído para o entendimento dos efeitos do deficit hídrico no crescimento e na produção de matéria seca.

2.3 Stress hídrico

O conceito de stress está relacionado ao de tolerância ao stress, que é a aptidão da planta para enfrentar um ambiente desfavorável. Um ambiente stressante para uma planta pode não o ser para outra, ou seja, a tolerância à seca varia de espécie para espécie e de variedade para variedade dentro da mesma espécie (Kerbauy, 2004).

O stress hídrico pode dever-se ao excesso ou deficiência de água, que pode ser intermitente ou terminal, dependendo do período de ocorrência (Kerbauy, 2004). A cultura de feijão nhemba tem ciclos variados (curto, médio e tardio) que podem durar entre 60-120 dias dependendo do ciclo, embora haja variedades que atingem os 240 dias. Pequenos períodos de stress registados nas fases críticas (floração e enchimento de grão), podem afectar severamente o seu crescimento.

O feijão nhemba requer entre 300-500 mm de água, dependendo da região, quando estas necessidades não são satisfeitas, o rendimento reduz-se a um valor dependente da etapa fenológica em que o deficit hídrico acontece e da sua duração. A ocorrência do stress hídrico no feijão nhemba durante o enchimento do grão chega a registar perdas estimadas em 50% (Ahmed, 1984).

Segundo Turner & Begg (1981) a expansão foliar e a senescência são conhecidas por serem muito sensíveis ao deficit hídrico, sendo essa sensibilidade mais acentuada na expansão foliar. Desde que o deficit hídrico não tenha sido severo ou prolongado, pode resultar em uma retomada da expansão foliar a taxas semelhantes às plantas bem regadas, assim que se normalizem as condições de água para o crescimento da planta.

Apesar da senescência foliar não ser tão sensível ao deficit hídrico como expansão foliar, ela aumenta com o deficit hídrico em muitas espécies de plantas, levando à queda das folhas. Comparando o efeito do stress hídrico na expansão e fotossíntese, a maioria dos estudos sugere que a expansão foliar é muito mais sensível ao deficit hídrico do que à fotossíntese. O stress

hídrico diminui a taxa de fotossíntese líquida por unidade de área foliar. Normalmente o déficit hídrico necessário para influenciar a taxa de fotossíntese líquida é maior do que aquele necessário para exercer influência no alongamento das folhas (Turner & Begg, 1981).

As consequências da fraca expansão foliar, baixa taxa fotossintética, muitas vezes manifesta-se em baixa qualidade e/ou quantidade dos frutos que se formam e isto deve-se à baixa quantidade de assimilados translocados. Entretanto, a influência do déficit hídrico sobre a distribuição de assimilados depende da fase de crescimento e da sensibilidade relativa de vários órgãos da planta ao déficit hídrico (Begg & Turner, 1978).

2.4 Efeito do stress hídrico no feijão nhemba

O feijão nhemba constitui uma das principais culturas, em diversas regiões semi-áridas do mundo, exercendo importante papel no suprimento das necessidades nutricionais das camadas mais carentes dessas regiões (Freire Filho *et al.*, 2005), pois seus grãos são muito aceitos, possuem alto valor nutritivo e são relativamente mais acessíveis, constituindo-se em um dos principais elementos da dieta alimentar, além de desempenhar papel fundamental na composição da produção agrícola, por possuir baixo custo e ser fisiologicamente adaptada a diferentes condições ambientais, apresentando tolerância ao estresse hídrico, pouca exigência em fertilidade de solo e fixação biológica do nitrogénio atmosférico, factores que garantem a versatilidade de produção (Cordeiro, 1998; Sales e Rodrigues, 1988). Além da sua utilização na alimentação humana, o feijão nhemba pode ser utilizado na alimentação animal, como forragem, e ainda como adubo verde e cobertura do solo.

O crescimento do feijão nhemba é afectado por uma vasta gama de factores abióticos e bióticos, que incluem a luz, a seca, a salinidade e temperaturas altas (Shao *et al.*, 2008). Dentre estes, o stress hídrico é um dos factores mais adversos para o crescimento e produtividade vegetal (Shao *et al.*, 2008). O stress hídrico da planta, permanente ou temporário, é o principal factor abiótico que limita o crescimento e a distribuição da vegetação natural e o desempenho das plantas cultivadas (Shao *et al.*, 2008).

O período crítico da cultura do feijão nhemba provocado pelo stress hídrico, restringe-se a uma fase relativamente curta entre a época de floração e o início da maturação (enchimento dos grãos). O stress hídrico na fase vegetativa é reportado como reduzindo a área da folha, alongamento do caule e baixando a produção de biomassa, devido ao incremento reduzido de carbono (Chiulele, 2003).

A reduzida área foliar em condições de stress hídrico, é causada pelo número reduzido das folhas, a taxa reduzida da expansão foliar como consequência da sensibilidade celular, aumentando a senescência das folhas, reduzindo a radiação solar interceptada, baixando, assim, a biomassa produzida (Chiulele, 2003).

2.5 Efeito do stress hídrico no crescimento e desenvolvimento da cultura do feijão nhemba

O crescimento e desenvolvimento dependem da existência de meristemas, foto-assimilados, fito-hormonas, de outras substâncias de crescimento e do ambiente (Amane, 2002). Os fotoassimilados são optimamente conseguidos se conseguir controlar os factores que afectam a fotossíntese. A humidade do solo pode tornar-se um factor importante na fotossíntese, uma vez que a respectiva intensidade é reduzida pelo défice hídrico nas folhas (Kazlowski, 1972).

O stress hídrico exerce uma influência negativa sobre a planta, causando redução, tanto na divisão celular como no alongamento, e, portanto, no crescimento ou acumulação de biomassa, assimilação de CO e nutrientes (Amane, 2002). Bergonci *et al.* (2000), afirmam que o deficit hídrico no solo afecta, praticamente, todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento das plantas, podendo causar reduções na área foliar, diminuir a fotossíntese e afectar vários outros processos, tais como brotações, absorção de nutrientes e translocação de fotoassimilados. McCree e Fernández (1989) e Taiz e Zeiger (1991) citados por Ferreira (2004) referem que a resposta das plantas ao stress hídrico consiste na redução da produção da área das folhas, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas. Assim, existe um conflito entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO para produção de carboidratos, referem Taiz e Zeiger (1991) citados por Ferreira (2004).

Aproximadamente 5% da energia solar que chega à superfície terrestre é convertida em carboidratos, mediante o processo fotossintético (Amane, 2002). A água, como grande constituinte, participa, directamente, em muitos processos metabólicos. A inter conversão dos carboidratos em ácidos orgânicos depende, sobretudo, da hidrólise e reacções de condensação, aumentando a taxa de respiração, permitindo que as sementes respirem rapidamente (Kozlowski, 1972).

A água é a fonte de átomo de hidrogénio para a redução do CO nas reacções da fotossíntese. A água actua como um solvente e transportador de muitas substâncias, constituindo o meio no qual várias reacções têm lugar. A presença de água nos vacúolos ajuda na manutenção de turgidez das células, na translocação de solutos (nutrientes), na manutenção da hidratação do protoplasma, na mobilidade dos gâmetas, na disseminação de esporos, frutos e sementes. Na ausência de água, o protoplasma torna-se inactivo e pode morrer; carboidratos, proteínas, enzimas perdem as suas propriedades físicas e químicas.

O stress hídrico causa redução, tanto na divisão celular como no alongamento, e, portanto, no crescimento (Rachide, 2003). A resposta de uma determinada variedade ao stress hídrico depende do seu tipo (determinada ou indeterminada). As evidências demonstram que a maioria das variedades determinadas são mais sensíveis ao stress hídrico, afectando o tempo de início de floração e menor extensão durante a frutificação e desenvolvimento da semente, enquanto, em relação às variedades indeterminadas, não há clareza dos cenários, (Begg e Turner, 1976).

O stress hídrico, em geral, afecta o crescimento, desenvolvimento, produção e qualidade das culturas devido à redução da área foliar e pouca produção de biomassa (Doorenbos e Kassam, 1979 e 1994). Muitos autores têm referido que o stress hídrico é mais intenso no início da floração, floração, frutificação e desenvolvimento da semente, e menor no estágio vegetativo. O stress hídrico, na fase vegetativa, é reportado como reduzindo a área da folha, o alongamento do caule e baixando a produção de biomassa, devido ao incremento reduzido de carbono (Begg & Turner, 1976). A reduzida área foliar em condições de stress hídrico, é causada pelo número reduzido das folhas, e pela taxa reduzida da expansão foliar como consequência da sensibilidade

celular, aumentando a senescência das folhas, reduzindo a radiação solar interceptada, baixando assim a biomassa produzida (Turk *et al.*, 1980; Turk e Hall., 1980a; Turk e Hall., 1980b).

2.6 Efeito do stress hídrico no rendimento e componentes de rendimento

A deficiência de água é um dos factores mais limitantes para a obtenção de elevada produtividade de grãos de feijão nhemba, sendo que a duração e a época de ocorrência do stress hídrico afectam, em maior ou menor intensidade, o rendimento da cultura. Pesquisas têm mostrado que a ocorrência de deficit hídrico no feijão nhemba, principalmente nas fases de florescimento e enchimento de grãos, pode provocar severas reduções na produtividade de grãos (Cordeiro *et al.*, 1998; Santos *et al.*, 1998).

Aliado a este facto, vários estudos foram realizados, com vista a elucidar o quão se torna importante estudar os aspectos que estão por detrás dos prejuízos causados pelo stress hídrico no feijão nhemba, destacando-se: Turk *et al.*, 1980; Singh, 1987, que concluíram que plantas sob deficiência hídrica têm, usualmente, a sua área foliar e a produção de matéria seca reduzidas.

Conforme observaram Gunton e Evenson (1980), o índice de área foliar e a taxa de produção de matéria seca são altamente correlacionados. Comportamento semelhante de plantas de feijão comum foi observado por Bonanno & Mack (1983) que, ao analisar o efeito de diferentes níveis de irrigação no desenvolvimento da cultura, verificaram que a massa seca total de plantas e folhas, a área foliar, a área média por folha e o número de folhas por planta, diminuíram com o aumento do deficit de água do solo. Ressalva-se que a redução no total da área foliar por planta, deveu-se mais ao decréscimo da área por folha do que ao número de folhas.

Brandes *et al.* (1973), observaram que os valores máximos da taxa de produção de matéria seca de plantas do feijão comum plantadas nas õáguasõ, foram mais de três vezes superiores aos valores da õsecaõ. Segundo os autores, a diferença deveu-se, quase que exclusivamente, ao índice de área foliar. O estresse hídrico, ao reduzir a turgescência, reduz a expansão celular, o que, por sua vez, reduz o alongamento do caule e da folha.

a) O stress hídrico, o peso dos nódulos e a acumulação de nitrogénio

O stress hídrico reduz o peso de nódulos, o nitrogénio acumulado e a produção de matéria seca da parte aérea do feijão nhemba, principalmente se a deficiência hídrica for imposta na segunda e quinta semanas após a sementeira (Júnior *et al.*, 2000).

Essas reduções devem estar associadas ao facto de que o stress hídrico afecta vários processos fisiológicos relacionados com a assimilação de nitrato e fixação simbiótica de nitrogénio nas leguminosas, reduzindo o peso da matéria fresca dos nódulos e da parte aérea das plantas (Kozłowski, 1968; Kozłowski, 1972; Júnior *et al.*, 2000). A alteração destes processos fisiológicos reflecte-se no decréscimo da produtividade de grãos ou sementes.

b) Efeito do stress hídrico no número de vagens e no peso de sementes

O stress hídrico que se desenvolve em qualquer situação particular na planta é resultado de uma completa combinação de factores do solo, da planta e da atmosfera, os quais interagem para controlar a taxa de absorção e a perda de água (Vaadia *et al.*, 1961), ainda que, de acordo com Gavande (1976), a resposta das plantas ao factor "água" pareça estar relacionada, mais estreitamente, com o potencial total de água no solo. Segundo Doorenbos e Kassam (1994), a relação entre o rendimento de uma cultura e o suprimento de água pode ser determinada quando se puder quantificar, por um lado, as necessidades hídricas da cultura e os efeitos dos deficits hídricos e, por outro lado, o rendimento máximo e real da cultura.

O stress hídrico associado às viroses torna a produção mais ínfera e, adjacente a isso, são afectados os níveis de proteínas e aminoácidos, o crescimento da planta, a produção de hormonas de crescimento, o potencial de água, a fotossíntese, bem como os outros processos fisiológicos, deteriorando deste modo, o processo produtivo (Larcher, 1995). Estima-se que menos de 20% das flores produzem vagens, percentagem que ainda pode ser menor com temperaturas extremamente altas, deficiência hídrica e um ataque de trips do botão (Rulkens, 1996).

O efeito do stress hídrico no rendimento e componentes de produção dependem da escolha do momento e da intensidade do stress hídrico, bem como da duração do período do stress hídrico (Begg e Turner, 1976). A escolha do momento do stress hídrico é importante em relação ao efeito sobre a produção de semente. Muitos estudos mostram que o stress hídrico, no início da floração e durante a floração e preenchimento de vagens, afecta mais a produção de sementes do que no período vegetativo (Gonzales e Williams, 1979; Turk *et al.*, 1980).

A intensidade e a duração do stress hídrico são importantes na determinação da produção de sementes, porque estes factores podem afectar o comprimento da fase do crescimento reprodutivo e o desenvolvimento das culturas indeterminadas. O efeito do stress hídrico nos componentes de produção depende, largamente, do momento e da intensidade do stress em relação ao desenvolvimento daquela porção da planta usada para a produção económica (Chiulele, 2003). Tem-se reportado que o stress hídrico no feijão nhemba, durante a floração e o preenchimento de vagens, reduz o número de vagens por planta, devido à abscisão floral e a uma menor massa seca da semente (Turk *et al.*, 1980).

Uma menor massa seca da semente, no caso de uma alta intensidade do stress hídrico durante o preenchimento da semente, pode ser o resultado da translocação reduzida dos carboidratos para a semente. Estudos feitos por Carvalho *et al.* (1998), demonstraram uma redução até zero vagens por planta na fase vegetativa e, na fase fenológica de frutificação teve o menor número de grãos por vagem. Estes estudos demonstraram, ainda, uma redução no peso de sementes por planta.

2.7 Mecanismos de adaptação da planta durante o stress hídrico

O desenvolvimento de cultivares mais tolerantes a períodos de deficiência hídrica no solo, tal como o desenvolvimento de mecanismos que auxiliem as plantas a tolerar períodos prolongados de seca, será essencial na manutenção da produção agrícola mundial (Nepomuceno *et al.*, 1998). As diferentes reacções de cada variedade a essas variações permitem que ele possa tolerá-las quando em níveis críticos mantendo, ainda assim, taxas adequadas de fotossíntese (Ribeiro *et al.*, 2004). Cultivares de feijão-caupi apresentam diferentes respostas fisiológicas quando submetidos a deficit de água no solo (Bezerra *et al.*, 2003).

Os dois tipos de resposta na tolerância ao stress hídrico indicam que o feijão nhemba tem demonstrando novos mecanismos para lidar com o stress hídrico, que se encontra comumente nas regiões semi-áridas da África, de onde se acredita que o feijão-nhemba seja originário. O fecho dos estomas para verificar a transpiração (evitadores de seca) e ajustamento osmótico (tolerância à seca), têm sido sugeridos como possíveis mecanismos de tolerância à seca nas culturas, (Mai-kodomi *et al.*, 1998; Boyer, 1996, Lawn, 1983).

2.8 Mecanismos de adaptação/tolerância à seca

Adaptações são quaisquer características hereditárias ou modificações na estrutura das plantas que aumentam a probabilidade de sobrevivência destas s num determinado ambiente de stress. Os tipos de adaptação ao stress hídrico nem sempre são específicos (Barreto & Barbosa, 2001). Muitas variedades de plantas apresentam uma ou mais adaptações que aumentam a sua tolerância ao stress, tais como: modificações fenológicas, controle na abertura e no fechamento dos estomas; características morfológicas tais como estruturas presentes nas folhas, que reduzem perdas de água e acúmulo de calor (movimento das folhas, enrolamento, dobramento e abscisão); sistema radicular capaz de responder às demandas fisiológicas e condições ambientais, podendo ser profundo e extenso ou superficial e competitivo (Barreto & Barbosa, 2001).

Kozlowski *et al* (1972) citado por Gurães *et al* (2004), afirma que as características das plantas xerófilas não são limitadas apenas pela morfologia, mas também a níveis fisiológicos e bioquímicos. De uma maneira geral, dentre os mecanismos de adaptação à seca que uma planta xerófila possui, o mecanismo de controlo estomático é o mais importante, porque as principais perdas de água pelas plantas são feitas pelos estomas. Ao nível dos estomas, adaptações das plantas estão no número e tamanho, localização na face dorsal, abaxial ou inferior e o mecanismo de regulação que está ligado à sensibilidade da planta. Outras formas de adaptações das plantas à seca incluem: adaptações ao nível da folha ó transformação de folhas em espinhos, redução do tamanho da folha, eficiente controlo estomático, queda das folhas (abscisão foliar), redução no número de folhas, maior espessura da parede celular; Adaptações ao nível do caule ó diminuição da altura, engrossamento do caule, alto teor de hidrofóbicos, armazenamento no caule ou raiz; Adaptações ao nível da raiz ó aprofundamento, engrossamento das raízes (inteira e parcialmente).

Sob o ponto de vista genético da resistência das plantas à seca, os mecanismos podem ser agrupados em três categorias: para escapar à seca, para evitar a seca e de tolerância à seca (Mitra, 2001). Entretanto, as plantas cultivadas usam mais de um mecanismo no momento de resistência à seca. A primeira categoria, que escapa à seca, é definida como a habilidade de uma planta para completar o seu ciclo de vida antes de se desenvolverem sérios défices hídricos no solo e na planta (Mitra, 2001). Este mecanismo envolve rápido desenvolvimento fenológico (floração e início de maturação), a plasticidade de desenvolvimento (a variação na duração do período de crescimento, dependendo da extensão da deficiência hídrica) e remobilização de assimilados pré-antese para grãos (Mitra, 2001).

Evitar a seca é a capacidade das plantas manterem o potencial de água do tecido relativamente alto, apesar da falta de humidade do solo, onde a tolerância à seca é a capacidade para suportar o défice hídrico, com baixo potencial de água do tecido vegetal (Mitra, 2001). As respostas das plantas ao défice de água do tecido determinam o seu nível de tolerância à seca. De acordo com o mesmo autor, a seca é evitada pela manutenção do turgor através do aumento da profundidade de enraizamento, sistema radicular eficiente e maior condutividade hidráulica e pela redução da perda de água através da redução da epiderme (condutância estomática e lenticular), redução de absorção de radiação pela folha de enrolamento ou dobra e superfície de evaporação reduzida (área foliar). Plantas sob condições de seca sobrevivem fazendo um acto de equilíbrio entre a manutenção do turgor e a redução das perdas de água (Mitra, 2001).

Os mecanismos de tolerância ao stress hídrico são de manutenção de turgor através de ajustamento osmótico (um processo que induz a acumulação de solutos na célula), aumento da elasticidade da célula e redução no tamanho das células e tolerância à dissecação por resistência protoplasmática (Mitra, 2001). Sendo considerada a adaptação à seca uma característica multigénica (Passioura, 1997), existem diferenças na tolerância à seca entre génotipos de feijão nhemba (Gwathmey e Hall, 1992; Ismail *et al.*, 1994). Os principais mecanismos de adaptação do nhemba são: o desenvolvimento do sistema radicular e a alta condutividade hidráulica na raiz, para maximizar a captação de água, controle de abertura estomática e a redução da área foliar, para minimizar as perdas de água, o controle do fechamento dos estomas causa redução da assimilação de CO₂ e, conseqüentemente, diminuição da produtividade (Plaut, 1994).

Segundo Acosta-Gallegos e Adams (1991) em algumas variedades stressadas pode ocorrer queda de rendimento resultante de: aborto floral, formação de vagens precoces, morte de plantas. Isto pode indicar que a falta de água nos períodos de floração e de formação das vagens influencia negativamente na produtividade da cultura, tendo em vista que um nível adequado de água no solo induz uma óptima floração e formação de grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA-GALLEGOS, JA and ADAMS, MW. 1991. Plant traits and yield stability of dry bean cultivar under drought stress. *Journal of Agricultural Science*. 117: 213-219.
- AHMED, MFM. Water stress effects on physiological processes and yield of soybeans. *Science Engineering*. 45: 1078 ó 1083.
- AMANE, M. 2002. Apontamentos de Fisiologia das culturas. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Universidade Eduardo Mondlane. Maputo, Moçambique. 152.
- BEGG, JE and TURNER, NC. 1976. Crop water deficits. *Advance in Agronomy*. 28: 161-217.
- BERGAMASCHI, H, BERLATO, MA, MATZENAUER, R, FONTANA, DC, CUNHA, GR, DOS SANTOS, MLV, FARIAS, JRB and BARNI, NA. 1999. Agrometeorologia Aplicada a irrigação. 2ª Edição. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 125 Pp.
- BERGONCI JI, BERGAMASCHI, H, BERLATO, MA, SANTOS, AO. 2000. Potencial de água na folha como indicador de déficit hídrico em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 35(8)
- BEZERRA, FML, ARARIPE, MAE, TEÓFILO, EM, CORDEIRO, LG , SANTOS, JJA. 2003. Feijão caupi e deficit hídrico em suas fases fenológicas. *Revista Ciência Agronômica*. 6(34).
- BOYER, JS. 1996. Advances in drought tolerance in plants. *Advance in Agronomy*. 56: 187-218.
- BRANDES, D, MAESTRI, M, VIEIRA, C, GOMES, F R. 1973. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Análise de crescimento. *Experientiae*. 15:1-21.
- CARVALHO, MHC, LAFFRAY EP. LOUGUET. 1998. Comparison of the physiological responses of *Phaseolus vulgaris* and *vigna unguiculata* cultivars when submitted to drought conditions. *Environmental and Experimental Botany* 40: 197-207.

- CHIULELE, R M, 2003. Morphological and Physiological responses of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) Cultivars to induced water stress and phosphorus nutrition. Msc thesis. University of Stellenbosch, South Africa.
- CORDEIRO, LG, BEZERRA, FML, SANTOS, JJA, MIRANDA, EP, 1998. Factor de sensibilidade ao deficit hídrico da cultura do Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 27.178-180.
- DOORENBOS, J and KASSAM, AH, 1979. Yield response to water. Rome: FAO. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33). 193.
- DOORENBOS, J, KASSAM, AH. 1994. Efeito da água no rendimento das culturas. FAO, Roma. 306 .
- EHLERS, JD and HALL, AE, 1997. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Field Crops Research*, 53: 187-204.
- FAO, 2008. Crop statistics. Disponível em <http://faostat.fao.org/site/567/Desktopfault.asp?pageID#>, acessado aos 16/06/2012.
- FERREIRA, F R R. 2004. Efeitos de diferentes níveis de deficit hídrico sobre o rendimento das culturas de Amendoim, Feijão nhemba e Milho, em cultivo puro e consociado. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Universidade Eduardo Mondlane. Maputo-Moçambique. 61.
- FREIRE FILHO, F R, RIBEIRO, V Q, ALCÂNTARA, J P, BELARMINO FILHO, J, and ROCHA, M M. 2005. Nova cultivar de feijão-caupi com grão tipo sempre-verde. *Revista Ceres*. BRS Marataoã: 52: 771-777.
- GAVANDE, SA. 1976. Física de suelos. Princípios e aplicaciones. 2 ed. México: Ed. Limusa, 351.

- GOMIDE, R L., MAGALHAES, P C., WAQUIL, J M., FERREIRA, W P. 1998. Avaliação do estresse hídrico em cultivares de milho e sorgo por meio de um gradiente contínuo de irrigação. In: *congresso nacional de milho e sorgo*, 22, 1998, Recife, PE. Recife: ABMS, Pp. 290. CD-ROM.
- GWATHMEY, C O and HALL, A E.1992; Adaptation to midseason drought of cowpea genotypes with contrasting senescence traits. *Crop science*. 32: 773-778.
- HEEMSKERK, W, SIMANGO, J S and LEONARDO, A. 1998. Resultados da investigação de Feijão nhemba (*Vigna unguiculata* L. Walp) 1982-1987. INIA. Projecto UNDP/FAO/MOZ/86/009. Documento de campo nº 2.61.
- HEEMSKERK, W. 1985. *Cultura do feijão nhemba*. Divulgação série-agricultura, nº 1. Ministério da Agricultura. Moçambique.
- ISMAIL, A M, HALL, A E and BRAY. E A. 1994. Drought and pot size effects on transpiration efficiency and carbon isotope discrimination of cowpea accessions and hybrids. *Australian Journal Plant Physiology*. 21:23-35.
- JÚNIOR, A S D^oA, DOS SANTOS, A A, SOBRINHOS, C A, BASTOS, E A, MELO, F D^oB, VIANA, F M P, FILHO, F R F, CARNEIRO, J D^oS, ROCHA, M D^oM, CARDOSO, M J, DA SILVA, P H S, RIBEIRO, V Q. 2000. Estresse hídrico, Demanda hídrica, Sistema de irrigação, Maneio da irrigação, Método do balanço de água no solo, Suspensão da irrigação, Viabilidade económica da irrigação.
- KERBAUY, G B. 2004. Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan S.A. 504.
- KOZLOWSKI, T T. 1972. Water deficits and plant growth Plant responses and control of water balance. *Academic press*. Volume III .New York and London. 368.
- LARCHER, W.1995. Physiological plant ecology. Third edition. *Springer press*, 506 .

- LAWN, R J. 1983. Responses of four grain legumes to water stress in south-eastern Queensland. IV. Interaction with sowing arrangement *Australian Journal Agricola.* , 34: 661-669.
- MAI-KODOMI, Y, SINGH, B B, MYERS, JR, YOPP, J H, GIBSON, P J. and TERAO, T., 1999b. Two mechanism of drought tolerance in cowpea. *Indian Journal of Genetic and Plant Breeding.* 59: 309-316.
- MAI-KODOMI, Y, SINGH, B B, TERAO, T., MYERS, J R, YOPP, J H and GIBSON, P. J., 1999a, Inheritance of drought tolerance in cowpea. *Indian Journal of Genetic of Plant Breeding.* 59: 317-323.
- MCCREE, K J and FERNÁNDEZ, C J .1989. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. *Crop science.* 29: 335-360.
- MITRA, J. 2001. Genetics and denetic improvement of drought resistance in crop plants. *Western Regional Research Station-India.* 80, (6), 758-763.
- NEPOMUCENO A L, OOSTRERHUIS D M, STEWART J M.1998. Physiological responses of cotton leaves and roots to water deficit induced by Polyethylene Glycol. *Environmental and Experimental Botany.* 40:29-41.
- NG N Q and MARÉCHAL R 1985. Cowpea taxonomy, origin and germplasm. Pp 11-21. In: S R Singh & K O Rachie (Eds). *Cowpea Research, Production and Utilization.* Wiley, New York.
- PASSIOURA, J B.1997. Drought and drought tolerance. 1-7. In: Belhassen, I. (Ed.) *Drought tolerance in higher plants: genetical, physiological and molecular biology analyses.* Dordrecht, *Kluwer Academic.*
- PLAUT, Z. 1994. Photosynthesis in plant or crops under water and salt stress. 587-603. In: Pessarakli, M. (Ed.) *Handbook of plant and crop stress.* New york, Marcel Dekker.

- RACHIDE, H., 2003. Apontamentos de Hortofrutícola.: Fisiologia. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal/UEM. Maputo, Moçambique. 66 Pp.
- RACHIE, K O and SINGH, S R. 1985. Cowpea research, Production and utilization. Chichester, John Wiley, 137-151.
- RIBEIRO, R V. 2004. Environmental effects on photosynthetic capacity of bean genotypes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*.39.615-623.
- RULKENS T. 1996. *Feijões*. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Maputo, Moçambique, 29.
- SALES, M G, RODRIGUES, M A C. Consumo, qualidade nutricional e métodos de preparo do feijão-caupi. In: ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. (eds.). O Feijão-caupi no Brasil. Brasília: IITA/EMBRAPA/CNPAF, 1988. 694-722.
- SANTOS, R F, CARLESSO, R, 1998. Deficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. *Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambienta.*, v.2 n° 3, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB
- SHAO, H, CHU L, CHERUTH. A J and ZHAO, C. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *C. R. Biologies*. 11 (3): 225-234.
- SINGH, B B, 1987: Breeding cowpea varieties for drought escape. In: Menyonga J M, Bezuneh T, and Youdeowei. A. eds. Food Seed Production in Semi Arid Africa.. 299ô 306. OAU/STRC- SAFGRAD, Ouagadougou, Burkina Faso.
- SINGH, B B, MAI-KODOMI, Y and TERAQ, T. 1999b. A simple screening method for drought tolerance in cowpeas. *Indian Journal Gen. Plant Breeding*. 59: 211-220.
- SINGH, S. and RACHIE .K. 1985. Cowpea Research Production and Utilization. *Library of Congress Cataloging in publication data*. US. 460.

- TAIZ, L, ZEIGER. 1991. Plant physiology. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City.
- TURK, K J and HALL, A E.1980c. Drought adaptation of cowpea. IV. Influence of drought on water use and relations with seed yield. *Agronomy Journal*. 72: 431-420.
- TURK, K J and HALL, A E.1980a. Drought adaptation of cowpea. II. Influence of drought on plant water status and relations with seed yield. *Agronomy Journal* 72: 421-427.
- TURK, K J and HALL, A E.1980b. Drought adaptation of cowpea. III. Influence of drought on plant growth and relation with seed yield. *Agronomy Journal* 72: 431-420.
- TURK, K J, HALL, A E and ASBELL, C W, 1980. Drought adaptation of cowpea. I. Influence of drought on seed yield. *Agronomy Journal*. 72: 413-420.
- TURK. K J and HALL. A E. 1980. Drought adaptation of cowpea. Influence of drought on plant water status and relations with seed yield. *Agronomy Journal*, 72: 421-427.
- TURNER, N C, and BEGG J E.1978. Responses of pasture plants to water deficits.50-66. In J. R. Wilson (ed.) Plant responses in pastures. Csiro, Melbourne.
- TURNER, N C. and BEGG, J. 1981. Plant-water relations and adaptation to stress. 97-129pp. *Division of Plant Industry, CSIRO, Canberra City, Australia.*
- VAADIA, Y, RANEY, F C, HAGAN, R M, 1961. Plant water deficits and physiological process. *Annual review of plant physiology*, Palo Alto, 12, 265-292.
- WATANABE, I, HAKOYAMA S, TERAQ, T and SINGH, BB. 1997: Evaluation method for tolerance of cowpea. In: Singh B B, Mohan Raj DR, Dashiell K E and Jackai L E N. eds. Advances in Cowpea research, pp. 141-146. *Co-publication of International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria and Japan International Research Centre for Agricultural Sciences (JIRCAS)*, Sayce Publishing, Devon, UK.

CAPÍTULO III

DETERMINAÇÃO DO MECANISMO DE TOLERÂNCIA DE 24 VARIEDADES DO FEIJÃO NHEMBA AO STRESS HÍDRICO

Resumo

As respostas das plantas em relação ao stress hídrico variam de acordo com a espécie e são modificadas pelo ambiente e factores fisiológicos. A diferença na resposta das plantas explica porque é que uma variedade ou espécie sobrevive ou tem melhores rendimentos em condições de limitada disponibilidade de água. O objectivo deste trabalho foi o de determinar os mecanismos de tolerância de 24 variedades ao stress hídrico e identificar as variedades tolerantes ao stress hídrico. As variáveis medidas foram as seguintes: data de emergência, data de floração, número e características de folhas unifolias e trifolias, número de flores de 24 variedades de feijão nhemba nas condições de solo e clima da estufa da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane. O experimento foi conduzido utilizando o delineamento de blocos completos casualizados com 24 tratamentos e quatro repetições, um sob stress hídrico, 15 dias após a emergência, e outro sob irrigação plena, para fins de comparação. O stress hídrico foi obtido eliminando por completo o fornecimento de água desde os 18 DAE. Observaram-se dois tipos de mecanismos de tolerância à seca sob estresse hídrico: variedades tolerantes de tipo 1, Bambey 21, Apagbaala, IT-84S-2246, INIA-41, UCR-P-24, IT-18, IT-98K-1111-1 e IT-85F-3139, em que as folhas unifolias e trifolias da base tornavam-se murchas rapidamente, enquanto o meristema e as folhas trifolias do topo continuavam brilhantes, continuando o crescimento lento das folhas trifolias e variedades tolerantes de tipo 2, em que as folhas unifolias e as trifolias tanto da base como do topo, tomavam-se murchas rapidamente, como forma de conservar a humidade em todos os tecidos da planta, tal é o caso das variedades MOUGNE, IT-00K-126-3, IT-16, UC-CB-27 e SH-50. Com base na análise de Cluster, surgiram 2 agrupamentos principais: um grupo com 18 variedades e o outro grupo com 6 variedades.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L.) walp., stress hídrico, sintoma, mecanismo de tolerância.

3.1 Introdução

O stress hídrico é uma das principais causas da redução na produtividade agrícola, principalmente por afectar todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento da planta, incluindo modificações anatómicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, sendo as perdas directamente relacionadas à sua duração, intensidade e estágio de desenvolvimento das culturas (Bezerra *et al.*, 2003). Entender a resposta da planta ao stress hídrico é de extrema importância e também fundamental de forma a tornar as culturas tolerantes ao stress. (Reddy *et al.*, 2004).

O estresse hídrico causa, a curto prazo, reduções na condutância estomática e no crescimento das folhas e, a longo prazo, reduções no crescimento do caule das plantas (Gollan *et al.*, 1986). Bezerra *et al.* (2003), estudando o feijão caupi e o deficit hídrico em suas fases fenológicas, observaram que o deficit hídrico afectou, significativamente, o rendimento de grãos, o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem. A ocorrência de ligeiros déficits hídricos no início do desenvolvimento da cultura pode servir para estimular maior desenvolvimento radicular das plantas, porém, estresse hídrico próximo e anterior ao florescimento pode ocasionar severa retracção do crescimento vegetativo, limitando a produção (Ellis *et al.*, 1985).

Segundo Nepomuceno (2001), o desenvolvimento de cultivares mais tolerantes a períodos de deficiência hídrica no solo, bem como o desenvolvimento de mecanismos que auxiliem as plantas a tolerar períodos prolongados de seca, serão essenciais na manutenção da produção mundial. As diferentes reacções de cada variedade a essas variações permitem que eles possam tolerá-las quando em níveis críticos, mantendo, ainda assim, taxas adequadas de fotossíntese (Costa *et al.*, 2002=Ribeiro *et al.*, 2004).

Em Moçambique, a maior parte da produção do feijão nhemba é feita em ambientes quentes, principalmente das zonas costeiras, em solos marginais caracterizados por baixa fertilidade, chuva rara e irregular. Como resultado, os rendimentos observados têm sido muito baixos, cerca de 170-400 kg/ha (INE, 2008) devido, principalmente, ao stress hídrico que ocorre nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura. Esta baixa produtividade resulta do uso de sementes não melhoradas, solos de baixa fertilidade e das precipitações pluviométricas irregulares. A

deficiência hídrica é condição comum nestas regiões do país, sendo responsável pela redução da produção (INE, 2008).

Diante da importância do feijão nhemba, viu-se a necessidade de se avaliar o efeito do stress hídrico sobre o desempenho morfológico e produtivo de 24 variedades de feijão nhemba (*Vigna unguiculata* L. Walp) visando seleccionar variedades com características tolerantes ao stress hídrico para programas de melhoramento.

3.2 Materiais e métodos

3.2.1 Descrição do local de estudo

O experimento foi conduzido na estufa da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane, com 24 variedades de feijão nhemba (*Vigna unguiculata* L. Walp), localizado a 25° 18' de latitude Sul, 32° 36' de longitude este, e a 60m acima do nível médio das águas do mar (Péev, 1978). O solo é vermelho (aproximadamente 95.28% de areia), 1.91% de argila e 2.81% de limo, de textura arenosa e de baixa fertilidade (Tomo, 1994). Os solos são arenosos. A matéria orgânica e o carbono situam-se em 0.7% e 0.16%, respectivamente.

3.2.2 Germoplasma usado no estudo

O germoplasma utilizado no ensaio foi constituído pelas variedades abaixo indicadas na tabela 1.:

Tabela 1 Características de 24 variedades usadas no ensaio

Ordem	Nome da variedade	País de origem	Hábito de crescimento
1	Apagbaala	Senegal	Prostrada
2	Bambey-21	Senegal	Prostrada
3	INIA-152	Moçambique	Prostrada
4	INIA-41	Moçambique	Prostrada
5	INIA-73	Moçambique	Prostrada
6	IT-00K-126-3	IITA	Prostrada
7	IT-16	IITA	Prostrada
8	IT-18	IITA	Prostrada
9	IT-84S-2049	IITA	Prostrada
10	IT-84S-2246	IITA	Prostrada
11	IT-85F-3139	IITA	Prostrada
12	IT-95M-303	IITA	Prostrada
13	IT-97K- 1069-6	IITA	Prostrada
14	IT-97K-284-4	IITA	Prostrada
15	IT-98K-105-5	IITA	Prostrada
16	IT-98K-1111-1	IITA	Prostrada
17	KVX-61-1	USA	Prostrada
18	MOUGNE	USA	Prostrada
19	SESSAQUE	USA	Prostrada
20	SH-50	USA	Prostrada
21	UC-524-B	USA	Prostrada
22	UC-CB-27	USA	Prostrada
23	UC-CB-46	USA	Prostrada

24	UCR-P-24	USA	Prostrada
----	----------	-----	-----------

3.2.3 Desenho experimental, descrição do ensaio e dos tratamentos e colheita de dados

Para avaliar a tolerância ao stress hídrico, foram avaliadas 24 variedades de feijão nhemba no período compreendido entre Outubro a Dezembro de 2012. O ensaio foi conduzido na estufa em dois ambientes: irrigado e não irrigado. As sementes foram lançadas 28 de Outubro de 2012, em bolsas pretas de polietileno com 24 cm de diâmetro por 27 cm de altura, contendo como substrato solo de textura franco-arenosa avermelhado. Foi feita uma adubação de cobertura no dia 07 de Novembro de 2012. A re-sementeira foi feita no dia 05 de Novembro para o caso das bolsas em que nenhuma planta havia emergido. Foi feita uma aplicação de cipermetrina de forma a reduzir o ataque do besouro da folha e ácaros.

Foram plantadas 3 sementes em cada bolsa, sete dias após a germinação (DAG). A 09 de Novembro realizou-se o 1º desbaste, deixando-se 2 plantas por bolsa, e 15 DAG (16 de Novembro) realizou-se o segundo desbaste deixando-se 1 planta por bolsa. Os tratamentos utilizados eram constituídos por combinação das 24 variedades de feijão nhemba, nomeadamente: Apagbaala, Bambey-21, INIA-152, INIA-41, INIA-73, IT-00K-126-3, IT-16, IT-18, IT-84S-2049, IT-84S-2246, IT-85F-3139, IT-95M-303, IT-97K- 1069-6, IT-97K-284-4, IT-98K-105-5, IT-98K-1111-1, K VX-61-1, MOUGNE, SESSAQUE, SH-50, UC-524-B, UC-CB-27, UC-CB-46 e UCR-P-24 com dois regimes hídricos. Os regimes hídricos empregados foram: a) controle, onde as plantas foram irrigadas diariamente, durante todo o ciclo; b) estresse, onde as plantas foram submetidas a deficiência hídrica 15 DAG até ao fim do ensaio.

3.2.4 Métodos de avaliação qualitativa

Oito dias após o término do fornecimento de água, iniciou-se o levantamento dos traços qualitativos, utilizando um modelo adaptado de MAGLOIRE *et al.*, 2005. Onde foram levantados dados relacionados a:

1. Folha unifoliada

1= Verde brilhante

2= Verde pálido

3=Verde amarelada

4= Amarela com tendência a castanho

2. *Folha trifoliada*

1= Verde brilhante

2= Verde pálido

3=Verde amarelada

4= Amarela com tendência a castanho

3. *% de Murcha*

0 = Sem murcha

1= Murcha ligeira

2= Murcha moderada

3= Murcha severa

4. *Estado do meristema*

1= Meristema intacto

2= Meristema com laterais amareladas

5. *Presença de botão floral*

0= Sem botão floral

1= Com botão floral

6. *Estado geral da planta*

0 = Toda planta intacta

1= Toda planta murcha

7. *Abscisão floral*

0= Sem abscisão floral

1=25% de abscisão floral

2= 50 % de abscisão floral

3= 75% de abscisão floral

4= 100% de abscisão floral

3.2.5 Análise de dados

Os resultados foram submetidos à análise de cluster, por meio do pacote estatístico GenStat Discovery 4.0 edição.

3.3 Resultados

A emergência das plantas e o crescimento inicial das plantas de todas as variedades foi normal até ao 20º dia após a emergência. Oito (8) dias após o término do fornecimento de água, os efeitos do stress começaram a fazer-se notar, primeiro, nas plantas das variedades susceptíveis, tal é o caso da perda de coloração de verde brilhante para verde pálido, sendo que os sintomas tinham tendência a agravar-se à medida que o período de stress evoluía. Os efeitos do stress foram primeiro notados nas folhas unifoliadas, as quais perdiam o brilho e ficavam murchas, seguidas das folhas trifoliadas e, finalmente, os meristemas. As variedades que se apresentaram como sendo as mais susceptíveis foram: SESSAQUE, IT- 98K-1105-5, IT-00K-126-3, UC-524-B, IT-84S-2049, IT-97K-1069-6 e IT-16 (fig.1) por terem mostrado elevada murcha muito antes das outras variedades.



Figura 1 variedades mais susceptíveis

Os resultados mostraram que o stress hídrico teve efeitos significativos sobre as 24 variedades, mas a resposta e o mecanismo de adaptação foram diferentes. Surgiram 2 tipos de mecanismos de tolerância ao stress hídrico: o primeiro, em que as folhas unifolares e trifolares da base tornavam-se rapidamente murchas, permanecendo por muito tempo com a coloração verde pálido enquanto as folhas trifolares do topo e o meristema continuavam brilhantes, tal é o caso das variedades Bambey 21, Apagbaala, IT-84S-2246, INIA-41, UCR-P-24, IT-18, IT-98K-1111-1 e IT-85F-3139 (Fig. 2). Neste tipo de plantas o surgimento de novos trifólios levava menos tempo em relação a outras variedades e a abscisão das folhas foi muito mais lenta que nas plantas de mecanismo 2. A recuperação das variedades com este tipo de mecanismo após um dia de ocorrência de chuva era impressionante, pois os tecidos das folhas tornavam-se túrgidos e facilmente notava-se o surgimento de novos trifólios em quase todas as axilas da planta. Estas variedades mobilizam a humidade das folhas inferiores, funcionando estas como fonte de foto-assimilados para as folhas mais novas e o meristema apical permanecendo, assim, vivas por um tempo maior, enquanto essas folhas vão morrendo uma a uma.



Figura 2 variedades com mecanismo de tolerância ao stress do tipo 1

O segundo tipo de mecanismo em que as folhas unifoliare e as trifoliare, tanto da base como do topo, se tornavam murchas, rapidamente e facilmente, perdiam a coloração de verde a amarelo mas, o meristema continuava brilhante, tal é o caso das variedades MOUGNE, IT-00K-126-3, IT-16, UC-CB-27 e SH-50. Neste tipo de plantas a senescência e abscisão das folhas unifoliare era mais rápida, uma vez que os efeitos do stress faziam-se notar da base para o topo. O surgimento de um novo trifólio e a resposta da recuperação da planta após um dia de chuva eram mais lentos.

Quanto mais severo se tomava o stress, as folhas trifoliare mudavam de coloração, de verde para amarela, e começavam a secar, tomando uma coloração castanha. As zonas laterais do meristema apical tornavam-se amarelas com tendência a castanho. Este tipo de variedades, logo que o stress hídrico é imposto, param o crescimento, provavelmente para conservar humidade e sobreviver por duas a três semanas. Estes resultados vão ao encontro dos obtidos por Mai-Kodomi *et al* (1998) no estudo sobre os dois mecanismos de tolerância ao stress hídrico de 12 variedades de feijão nhembaö, onde concluíram que, sob stress hídrico, um tipo de variedades paravam de crescer e conservavam a humidade em todos os tecidos da planta e continuavam vivas por volta de 2 semanas e, gradualmente, morriam, e um outro tipo de variedades

continuavam com o crescimento lento das folhas trifoliadas, tinham uma senescência precoce, mas o meristema apical continuava túrgido e vivo por muito tempo.

3.3.1 Análise de Cluster

O dendograma construído foi na base de dados gerados a partir dos traços qualitativos (cor das folhas unifoliadas, cor das folhas trifoliadas, % de murcha, estado do meristema apical, presença de botão floral, estado geral da planta e % de abscisão floral), que dividiram as 24 variedades de feijão nhemba em dois clusters principais (A e B) e a distância genética de 0,60, cada um com dois subconjuntos (I e II) (tabela 2 e fig. 3).

Tabela 2 Identificação das 24 variedades de feijão nhemba utilizadas no dendrograma abaixo

Ord	Variedade	Ord	Variedade	Ord	Variedade	Ord	Variedade
1	APAGBAALA	7	IT-16	13	IT-97K-1069-6	19	SESSAQUE
2	BAMBEY-21	8	IT-18	14	IT-97K-284-4	20	SH-50
3	INIA-152	9	IT-84S-2049	15	IT-98K-1105-5	21	UC-524-B
4	INIA-41	10	IT-84S-2246	16	IT-98K-1111-1	22	UC-CB-27
5	INIA-73	11	IT-85F-3139	17	KVX-61-1	23	UC-CB-46
6	IT-00K-126-3	12	IT-95M-303	18	MOUGNE	24	UCR-P-24

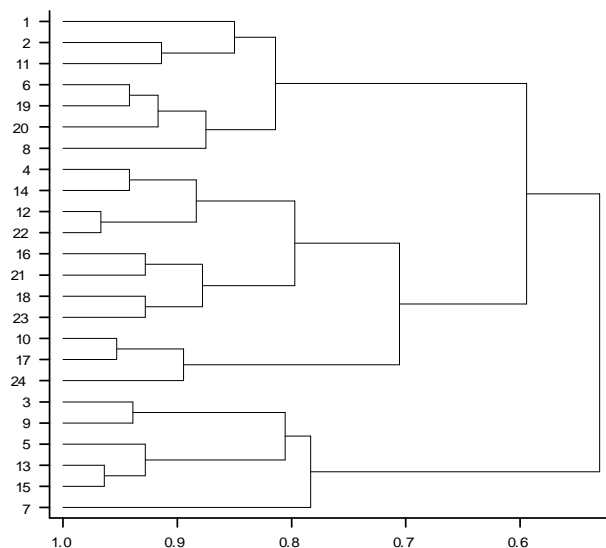


Figura 3 Dendrograma de 24 variedades de feijão nhemba, baseado em 7 características qualitativas

O cluster A consistiu em 2 sub-clusters, nomeadamente: sub-cluster I, que consistia em 7 adesões a uma afinidade de 82% e sub-cluster II, que consistia em 11 adesões a uma afinidade de 70 %. O cluster B, consistiu no sub-cluster I, que continha 5 adesões a uma afinidade de 81 % e sub-cluster II que continha 1 adesão a uma afinidade de 82%. Alguns dos acessos, neste estudo, foram agrupados de acordo com a sua origem geográfica. Por exemplo, os acessos do cluster B e sub-cluster I pertencem a Moçambique e IITA. O sub-cluster II do cluster A é que contém acessos de várias origens.

Cluster A

Sub-cluster I: 1, 2, 11, 6,19,20,8

Sub-cluster II: 4,14,12,22,16,21,18,23,10,17,24

Cluster B

Sub-cluster I: 3, 9, 5, 13 e 15.

Sub-cluster II: 7.

3.4 Discussão

As variedades 1, 2, 11, 6,19,20,8 do cluster A, sub-cluster I, mantêm os pecíolos verdes, têm um crescimento contínuo das gemas apicais e menor percentagem de murcha. Isto sugere que estas variedades podem sobreviver sob condições de stress hídrico. Em contraste, no cluster B, sub-cluster II: 7 e sub-cluster I: 3, 9, 5, 13 e 15, não sobreviveram, indicando a sua susceptibilidade ao stress hídrico. Estas mostraram elevada murcha muito antes que as outras. A murcha é o sinal visível de estresse hídrico nas plantas (Engelbrecht *et al.*, 2007).

As plantas que não fecham os seus estômatos murcham dentro de um curto período de imposição do stress hídrico, uma vez que a água é perdida para a atmosfera a um ritmo mais rápido, criando desequilíbrio de água nos tecidos da planta. Isto pode ter sido o caso das variedades 3, 9, 5, 13 e 15 que murcharam nos primeiros períodos de estresse e, conseqüentemente, secaram.

Algumas variedades começaram a murchar após os primeiros 15 dias após o stress hídrico. Em outros estudos de feijão-nhemba, (Mai-Kodomi *et al.*, 1999; Muchero *et al.*, 2008) a murcha foi

observada após a primeira semana de stress em genótipos susceptíveis ao stress hídrico, o que suporta os resultados encontrados neste estudo. Sharma e Kumar (2008) identificaram a condutância estomática, potencial de água na folha e ajustamento osmótico como os principais mecanismos de prevenção de murcha precoce no feijão nhemba.

As variedades do cluster A, sub-cluster II: 4,14,12,22,16,21,18,23,10,17,24, indicam a capacidade das variedades de suportar o stress hídrico até ao final do período de stress e sua recuperação após um retorno à rega. Estas variedades indicaram um comportamento de tolerância ao stress hídrico.

3.5 Conclusões

O objectivo deste estudo foi o de determinar o mecanismo de tolerância ao stress hídrico de 24 variedades de feijão nhemba por meio de observações regulares nas suas folhas unifolias, folhas trifolias e meristema apical.

Por meio dos resultados concluiu-se que:

Surgiram 2 tipos de mecanismos de tolerância ao stress hídrico:

- Tipo 1, em que as folhas unifolias e trifolias da base murchavam, continuando o crescimento lento dos outros trifólios e meristema apical.
- Tipo 2, interrompiam o crescimento em todos os órgãos da planta, folhas unifolias, trifolias e meristema apical, perdendo a turgidez em todos os tecidos da planta.

Com base na análise de Cluster, surgiram 2 grupos principais: um com 18 variedades e outro com 6 variedades.

3.6 Referências bibliográficas

- AMANE, M. 2002. Apontamentos de Fisiologia das culturas. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Universidade Eduardo Mondlane. Maputo, Moçambique. 152.
- BEGG, J E and TURNER, N C. 1976. Crop water deficits. *Advance in Agronomy*. 28. 161-217.
- BERGONCI J I, BERGAMASCHI, H, BERLATO, M A, SANTOS, A O. 2000. Potencial de água na folha como indicador de deficit hídrico em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília,35: 8.
- BEZERRA, F M L. Feijão-caupi e deficit hídrico em suas fases fenológicas. 2003. *Revista Ciência Agronômica*. 34: 13-18.
- CHIULELE, R M. 2003. Morphological and Physiological responses of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) Cultivars to induced water stress and phosphorus nutrition. Msc thesis. University of Stellenbosch, South Africa.
- DOORENBOS, J and KASSAM, A H. 1979. Yield response to water. Rome: FAO. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33). 193.
- DOORENBOS, J, KASSAM, A H. 1994. Efeito da água no rendimento das culturas. FAO, Roma. 306 .
- EHLERS, J D and HALL A E. 1997. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Field Crops Research*. 53: 187-204.
- ELLIS, J R. LARSEN, H J. BOOSALIS, M G. 1985. Drought resistance of wheat plants inoculated with vesicular arbuscular mycorrhizae. *Plant and Soil*. 86: 369-378.
- ENGELBRECHT, B M J. TYREE, M T AND KURSAR, T A. 2007. Visual assessment of wilting as a measure of leaf water potential and seedling drought survival. *Journal of Tropical Ecology* 23: 497-500.

- FAO, 2008. Crop statistics. Disponível em <http://faostat.fao.org/site/567/Desktopfault.asp?pageID#>, acessado aos 16/06/2012.
- GOLLAN, T. PASSIOURA, J B and MUNNS, R. 1986. Soil water status effects the stomatal conductance of fully turgid wheat and sunflower leaves. *Australian Journal Plant Physiology*.13.459-464.
- HEEMSKERK, W. 1985. Cultura do feijão nhemba. Divulgação série- agricultura, nº 1. Ministério da Agricultura. Moçambique.
- HEEMSKERK, W, SIMANGO, J Sand LEONARDO, A. 1998. Resultados da investigação de feijão nhemba (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) 1982-1987. INIA. Projecto UNDP/FAO/MOZ/86/009. Documento de campo nº 2.61.
- TURK K J and HALL A E. 1980. Drought adaptation of cowpea. Influence of drought on plant water status and relations with seed yield. *Agronomy Journal*. 72: 421-427.
- KRAMER, P J, BOYER, J S. Water relations of plants and soils. *Academic Press*, New York: 1995.495.
- MAI-KODOMI, Y, SINGH, B B, MYERS, JR, YOPP, J H, GIBSON, P J and TERAQ, T. 1999b. Two mechanism of drought tolerance in cowpea. *Indian Journal. Genetic Plant Breeding*. 59: 309-316.
- MUCHERO, W, EHLERS, J D. AND ROBERTS, P A. 2008. Seedling stage droughtinduced phenotypes and droughtresponsive genes in diverse cowpea genotypes. *Crop Science* 48: 541-552.
- NEPOMUCENO, A L, NEUMAIER, N, FARIAS, J R B, OYA, T. 2001. Tolerância à seca em plantas: Mecanismos fisiológicos e moleculares. *Revista Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento*, 12-18.
- NG N Q and MARÉCHAL R. 1985. Cowpea taxonomy, origin and germplasm.. In: Singh S R and Rachie K O (Eds). *Cowpea Research, Production and Utilization*. Wiley, New York. 11-21.

- PÉEV, B. 1978. Dados da estação meteorológica da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal. Maputo
- REDDY, A R. CHAITANYA, K V. VIVEKANANDAN, M. 2004. Drought induced Responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*. 161.118961202.
- RIBEIRO, R V, SANTOS, M G, SOUZA, G M, MACHADO, E C, OLIVEIRA R F, ANGELOCCI, L R, PIMENTEL, C. 2004. Environmental effects on photosynthetic capacity of bean genotypes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*.39:615-623.
- SHARMA, K. AND KUMAR, A. 2008. Genetic diversity for plant water relations, gaseous exchange, leaf anatomical characteristics and seed yield in cowpea under receding soil moisture. *The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 68: 435-440.
- SINGH, B B, MAI-KODOMI, Y. and TERAQ, T. 1999b. A simple screening method for drought tolerance in cowpeas. *Indian Journal Genetic Plant Breeding*. 59: 211-220.
- TAIZ, L ZEIGER. 1991. Plant physiology. California: The Benjamim/Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City.
- TOMO, A M. 1994. Influência da distância entre linhas no rendimento da cebola. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal.
- TURK, K J, HALL, A E and ASBELL, C W. 1980. Drought adaptation of cowpea. I. Influence of drought on seed yield. *Agronomy Journal* .72: 413-420.
- TURNER, N C and BEGG, J. 1981. Plant-water relations and adaptation to stress. Division of Plant Industry, CSIRO, Camberra City, Australia. 97-129pp
- VAADIA, Y, RANEY, F C, HAGAN, R M. 1961. Plant water deficits and physiological process. *Annual review of plant physiology*, Palo Alto, 12: . 265-292.

CAPÍTULO IV

IDENTIFICAÇÃO DE VARIEDADES TOLERANTES AO STRESS HÍDRICO

Resumo

A selecção de variedades com tolerância à seca é essencial para a produção de alimentos no mundo, especialmente em regiões de clima árido ou com má distribuição de chuvas. Nesse contexto, o objectivo deste trabalho foi identificar variedades com características de tolerância e sensibilidade ao estresse hídrico. Foi conduzido um experimento na estufa da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane, um sob stress hídrico desde os 15 dias após a emergência e outro sob irrigação plena, ambos em um delineamento de blocos completos casualizados com 24 tratamentos (variedades) e quatro repetições. Os dados colectados incluem: data de emergência, data de floração, sintomas, número e características de folhas unifoliare e trifoliare, altura e número de flores no tratamento não stressado. O deficit hídrico reduziu, significativamente, o número de folhas, a altura da planta e o número de flores por planta. As variedades INIA-73, IT-18 E IT-97K-284-4, revelam uma tendência para a alta tolerância ao stress hídrico enquanto as variedades UC-CB-27, UC-CB-46 E MOUGNE apresentaram uma tendência para a baixa tolerância ao stress hídrico.

Palavras-chave: *vigna unguiculata* (L.) walp., deficit hídrico, sintoma, mecanismo de tolerância.

4.1. Introdução

O feijão-nhamba é a leguminosa mais importante nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (Ehlers e Hall, 1997) onde o stress hídrico e as altas temperaturas são os maiores constrangimentos para a sua produção. A seca é um dos maiores constrangimentos para a sua produção devido à ocorrência de chuva irregular, de curta duração, com um início e término bastante imprevisível. Apesar de ser considerado melhor adaptado à seca, comparativamente a outras culturas (Ehlers e Hall, 1997) perdas consideráveis de rendimento têm sido registadas quando variedades susceptíveis à seca são cultivadas. Isso sugere que o aumento da produção e produtividade dessa cultura deve ser acompanhado pelo seu melhoramento, com vista a incrementar a sua tolerância à seca.

Em Moçambique, variedades tolerantes à seca são ainda pouco conhecidas. Estudos conduzidos têm mostrado a existência de variedades tolerantes à seca, bem como de potencial para o melhoramento para a tolerância à seca. Apesar da existência dessa informação, mais estudos precisam ser feitos para o melhor conhecimento das fontes, assim como do potencial existente. Esses estudos vão permitir identificar genótipos adequados para o cultivo em zonas propensas e fortalecer o programa de melhoramento para a tolerância à seca.

Estudos feitos por Bezerra *et al.*, (2003), constataram que o stress hídrico aplicado na fase vegetativa reduziu significativamente os parâmetros de crescimento tais como produção de folhas, ramos e altura da planta quando comparado com o controle e outros tratamentos de stress. O stress hídrico nesta fase também reduz, significativamente, o número e o comprimento dos nódulos por planta, influenciando directamente a redução da fixação de N₂. Um outro estudo feito por Ahmed e Suliman (2007), revelou que o efeito do stress hídrico no rendimento do grão, aplicado na fase reprodutiva, mostra que esta é a mais sensível ao stress hídrico, causando uma redução de, até 50% no rendimento do grão nas 3 variedades (Ein el Ghazal, Zalingei and Elobied) estudadas. A redução no rendimento do grão esteve associada à redução do número de vagens por planta, número de sementes por vagem e tamanho da semente. Em contrapartida, as variedades demonstraram uma melhor habilidade em recuperar do stress na fase vegetativa.

Trabalhos desenvolvidos por Singh *et al.*, (1999), mostraram que, baseando-se nos dias necessários para a murcha permanente e na percentagem de plantas recuperadas, as linhas de feijão-nhemba IT9OK-59-2, Kanannado, Dan IIa, TVu 11979 e TVu 11986 mostraram-se tolerantes, e as linhas TVu 7778 e TVu 8256 mostraram-se susceptíveis. Ensaio conduzido por Hadi *et al.*, (2012) onde avaliaram o desenvolvimento de 3 variedades de feijão nhemba nativas do Paquistão (Kulat-I, Kulat-II e Kulat-III) e uma variedade Australiana, Ebony, em condições de stress hídrico, concluíram que os melhores resultados foram obtidos no controle e a variedade Kulat-I apresentou a máxima percentagem de germinação, altura da planta, número de folhas por planta, vagens por planta, sementes por vagens, menos dias para atingir a germinação e a 1ª floração, comparando-a com Kulat-II, Kulat-III e Ebony.

Todavia, apesar de as características fisiológicas serem as mais estudadas, no presente estudo, a tolerância de 24 variedades do feijão nhemba foi avaliada usando características morfológicas tais como o número de flores, o número de folhas unifolias e trifolias, altura da planta e número de dias para atingir a 1ª floração.

O presente estudo foi conduzido com o objectivo de identificar e seleccionar variedades com tolerância ao stress hídrico, de forma a auxiliar em futuros programas de melhoramento e sua recomendação para zonas propensas a períodos de seca.

4.2 Materiais e métodos

4.2.1 Descrição das condições do ensaio e dos tratamentos

O experimento foi conduzido na estufa da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane (25° 18' latitude Sul, 32° 36' longitude este e a 60m acima do nível médio das águas do mar). Durante o ensaio, a temperatura variou entre 26° e 30° de máxima e 19° e 23° de mínima, e a precipitação registada foi de 736.4 mm. A sementeira foi feita a 29 de Outubro de 2012, num substrato de solo de textura franco-arenosa, avermelhado contido em bolsas pretas de polietileno com 24 cm de diâmetro e 27 cm de altura. Duas adubações de cobertura foram feitas, uma aos 9 dias depois da sementeira usando o fertilizante ureia e outra aos 22 dias depois da emergência usando um fertilizante foliar. Foi também feita uma pulverização usando cipermetrina e dimetoato aos 15 dias depois da sementeira para controlar e evitar o aparecimento de ácaros. Durante a sementeira, foram colocadas 3 sementes por cada bolsa e aos sete dias após a germinação (DAG) fez-se o 1º desbaste, deixando 2 plantas por bolsa, e aos 15 DAG foi feito o segundo desbaste, deixando-se uma planta por bolsa. A irrigação foi feita manualmente usando um regador. A quantidade fornecida por dia, a cada planta foi de cerca de 0.50 litros.

O ensaio consistiu em dois regimes de água, o irrigado diariamente durante todo o ciclo e o stressado, onde as plantas foram submetidas ao stress hídrico aplicado a partir de 15 DAG até ao término do ensaio quando a maior parte das plantas das variedades susceptíveis ao tratamento stressado já estavam mortas. O ensaio foi conduzido usando-se o delineamento de blocos completos casualizados (DBCC) com 24 variedades, dois regimes de água e quatro repetições.

As variedades usadas foram as seguintes: Apagbaala, Bambey-21, INIA-152, INIA-41, INIA-73, IT-00K-126-3, IT-16, IT-18, IT84S-2049, IT84S-2246, IT85F-3139, IT95M-303, IT97K- 1069-6, IT97K-284-4, IT98K-105-5, IT98K-1111-1, K VX-61-1, MOUGNE, SESSAQUE, SH-50, UC-524B, UC-CB-27, UC-CB-46 e UCR-P-24.

As variáveis medidas foram as seguintes: data de emergência, data de floração, sintomas de stress, número de folhas unifolias e trifolias e características de folhas unifolias e trifolias, altura e número de flores no tratamento não stressado. O levantamento dos sintomas de stress foi feito utilizando-se uma escala 1 a 5 desenvolvida por Mai-kodomi *et al.* (1999), onde:

- 1- Planta com folhas túrgidas verdes brilhantes
- 2- Planta com folhas flácidas verdes pálidas com ligeira murcha
- 3- Planta com folha de cor verde amarelada com moderada murcha
- 4- Planta com folha de cor amarelada a castanha com murcha severa
- 5- Planta morta

4.2.2 Análise de dados

Os dados foram analisados usando-se o pacote estatístico SPSS, 14ª edição. As análises feitas foram as seguintes: análise de variância e médias comparadas usando-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.3 Resultados

4.3.1 Variedades de feijão nhemba tolerantes ao stress hídrico

As respostas dos parâmetros de crescimento da planta ao estresse de hídrico são apresentadas na tabela 3.1. Os resultados mostram que a altura da planta e o número de folhas e flores por planta foram significativamente menores nas condições stressadas em relação às condições não stressadas enquanto a data para o surgimento da 1ª flor foi maior nas condições não stressadas.

a) Número de folhas

A tabela 3.1 mostra que a diferença das variedades (V) e o efeito do stress hídrico (SH) afectaram significativamente o número de folhas por planta. As variedades que apresentaram maior número de folhas para o efeito não stressado são: UCR-P-24 com 15.25 trifólios/planta, seguida pela variedade IT-00K-126-3 com 15 trifólios/planta e IT-95M-303 com 14 trifólios/planta. Os menores números de folhas no efeito não stressado foram apresentados pelas variedades INIA-152 com 11 trifólios, seguida pela variedade INIA-41 com 10 trifólios e, por fim, a variedade SESSAQUE com 9 trifólios. No efeito stressado o número de folhas foi relativamente menor ao não stressado sendo as variedades que apresentaram maior número de folhas as seguintes: : UC-CB-27 com 12 trifólios, a INIA-152 com 11 trifólios e a IT-84S-2049 com 11 trifólios. Estes resultados são similares aos obtidos por Abayomi e Abidoye (2009), quando avaliavam a resposta de genótipos de feijão nhemba em relação à tolerância à seca, tendo concluído que a altura da planta eo número de folhas e flores por planta aumentou significativamente com a redução do stress hídrico.

Tabela 3 Efeito do tipo de stress na altura da planta, número de folhas por planta e parâmetros de floração em 24 variedades de feijão nhemba.

Tipo de stress	Variedade	Altura	Nr de folhas	Dias para a floração	Nr d flores
Nao stressado	APAGBAALA	24	14	38	10
	BAMBEY-21	34	16	42	9
	INIA-152	34	13	38	6
	INIA-41	32	12	40	10
	INIA-73	35	14	47	9
	IT-00K-126-3	38	17	47	8
	IT-16	40	14	45	11
	IT-18	34	13	47	2
	IT-84S-2049	33	15	38	11
	IT-84S-2246	31	15	42	10
	IT-85F-3139	32	14	38	8
	IT-95M-303	30	16	39	5
	IT-97K-1069-6	39	13	38	7
	IT-97K-284-4	32	16	39	4
	IT-98K-1105-5	36	13	39	11
	IT-98K-1111-1	33	14	38	4
	KVX-61-1	30	15	41	9
	MOUGNE	33	14	38	5
	SESSAQUE	34	11	44	4
	SH-50	34	14	40	11
UC-524-B	35	16	38	11	
UC-CB-27	34	14	38	6	
UC-CB-46	32	15	38	11	
UCR-P-24	30	17	38	3	
Stressado	APAGBAALA	19	10	39	4
	BAMBEY-21	18	6	34	0
	INIA-152	18	11	40	1
	INIA-41	19	8	36	1

INIA-73	14	10	30	0
IT-00K-126-3	18	10	45	0
IT-16	15	10	35	2
IT-18	14	9	35	0
IT-84S-2049	19	11	40	4
IT-84S-2246	15	8	36	3
IT-85F-3139	16	7	35	3
IT-95M-303	17	9	41	0
IT-97K-1069-6	15	7	34	4
IT-97K-284-4	15	9	33	0
IT-98K-1105-5	18	5	33	5
IT-98K-1111-1	19	9	40	5
KVX-61-1	19	10	42	4
MOUGNE	20	8	43	4
SESSAQUE	15	10	35	2
SH-50	18	11	40	4
UC-524-B	23	6	39	5
UC-CB-27	18	12	40	5
UC-CB-46	24	9	40	4
UCR-P-24	19	11	39	3

b) Altura da planta

A diferença das variedades e o tipo de stress afectou significativamente a altura da planta (tabela 3.2.). As 3 variedades que apresentaram maior altura no tratamento não stressado foram: IT-16 (36.5), IT-00K-126-3 (35.25) e IT-98K-1105-5 (33.25), sendo as variedades UCR-P-24, IT-95M-303 e Apagbaala as que apresentaram menor altura, com 26.75, 26.5 e 21.25, respectivamente. Contrariamente ao tratamento não stressado, no stressado as alturas foram menores sendo UC-CB-46 com 24 cm, seguida da UC-524-B com 23 cm e MOUGNE com 20 cm, as variedades que surgiram com maiores alturas. As 3 variedades com menores alturas foram: IT-97K-1069-6 com 15 cm, INIA-73 com 14 cm e IT-18 com 14 cm.

Tabela 4 Pontuações das Variedades e Índice de soma das pontuações (RSI) mostrando os parâmetros de crescimento de tolerância ao stress hídrico do feijão nhemba

Índice de soma das pontuações						
Variedades	Altura	Nr de folhas	Dias para a floração	Nr d flores	RSI*	Pontuações
APAGBAALA	19	10	39	5	73	9
BAMBEY-21	18	6	34	5	63	4
INIA-152	18	11	40	4	73	9
INIA-41	19	8	36	5	68	6
INIA-73	14	10	30	5	59	1
IT-00K-126-3	18	10	45	1	74	10
IT-16	15	10	35	3	63	4
IT-18	14	9	35	1	59	1
IT-84S-2049	19	11	40	5	75	11
IT-84S-2246	15	8	36	4	63	4
IT-85F-3139	16	7	35	4	62	3
IT-95M-303	17	9	41	4	71	7
IT-97K-1069-6	15	7	34	6	62	3
IT-97K-284-4	15	9	33	4	61	2
IT-98K-1105-5	18	5	33	6	62	3
IT-98K-1111-1	19	9	40	4	72	8
KVX-61-1	19	10	42	5	76	12
MOUGNE	20	8	43	5	76	12
SESSAQUE	15	10	35	5	65	5
SH-50	18	11	40	5	74	10
UC-524-B	23	6	39	6	74	10
UC-CB-27	18	12	40	6	76	12
UC-CB-46	24	9	40	5	78	13
UCR-P-24	19	11	39	4	73	9

Os resultados mostram que, por ordem dos parâmetros morfológicos, as variedades são tolerantes ao stress hídrico da melhor a pior: INIA-73, IT-18, IT-97K-284-4, IT-85F-3139, IT-97K-1069-6, IT-98K-1105-5, BAMBEY-21, IT-16, IT-84S-2246, SESSAQUE, INIA-41, IT-95M-303, IT-98K-1111-1, APAGBAALA, INIA-152, UCR-P-24, IT-00K-126-3, SH-50, UC-524-B, IT-84S-2049, KVX-61-1, MOUGNE, UC-CB-27 e UC-CB-46.

c) Número de dias para o surgimento da 1ª flor

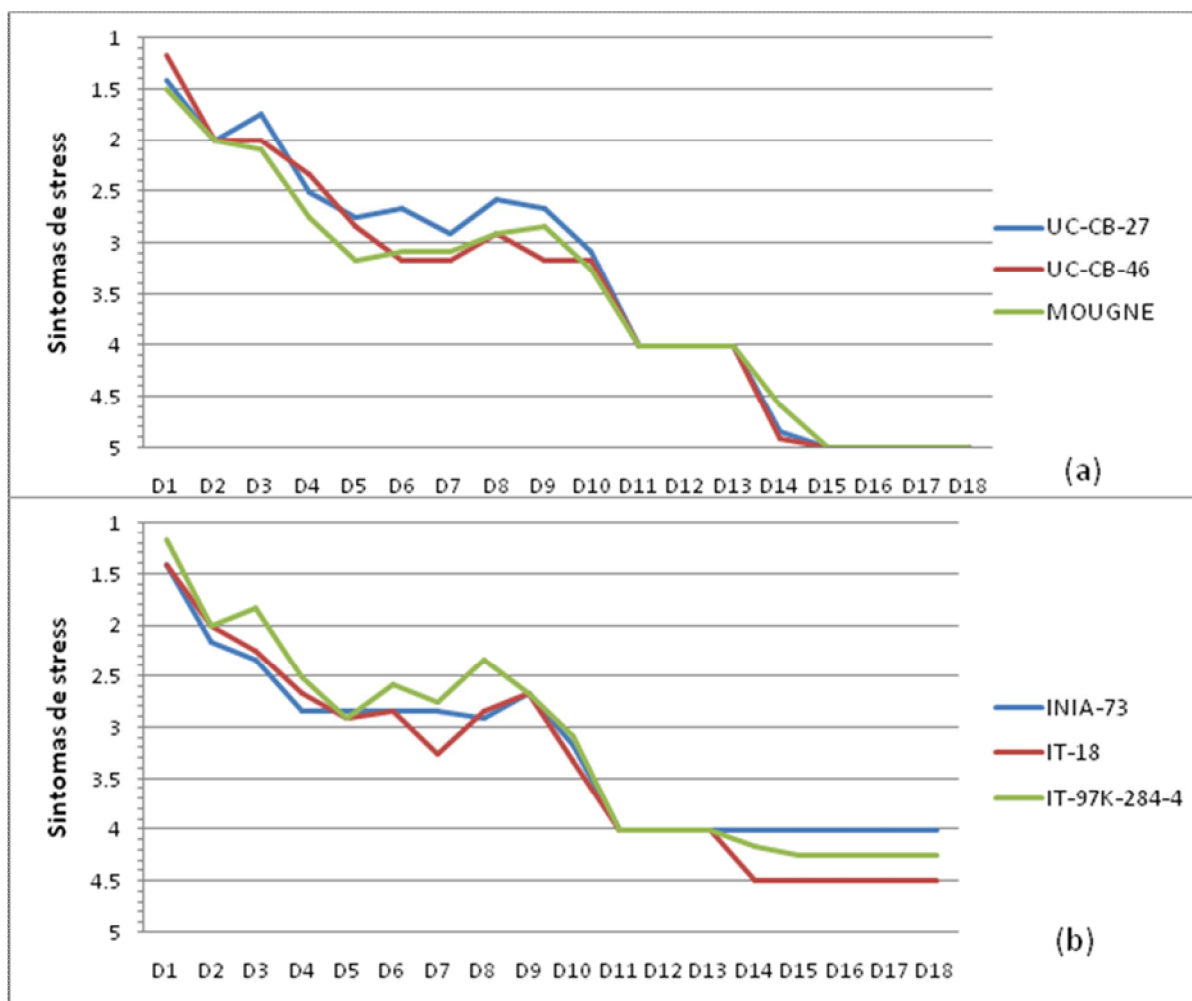
Os dados referentes ao número de dias para o surgimento da 1ª flor indicam que diferença de variedade (V), o tipo de stress (TP) e a interacção V x TP têm efeito significativo (tabela 5). As variedades IT-98K-1105-5 e UCR-P-24 são as variedades que levaram 33 dias para o surgimento da 1ª flor, tendo as variedades INIA-73 e IT-00K-126-3 sido as 2 últimas variedades a apresentarem flores, com 44 e 45 dias, respectivamente, isto para o tratamento stressado.

Assim, Turk *et al.* (1980) estudaram o efeito da deficiência hídrica, durante os vários estágios fenológicos da cultura e verificaram que a sua produtividade não foi afectada pelo stress hídrico durante o estágio vegetativo, desde que os estágios subsequentes fossem supridos adequadamente com irrigação. Contudo, deficiências hídricas no estágio vegetativo podem causar problemas devido à fixação reduzida de N, à diminuição da capacidade de competição com as infestantes ou à dificuldade de recuperação da cultura, se as condições subsequentes permanecerem desfavoráveis (Turk *et al.* Hall, 1980c). Por sua vez, Kamara (1976) observou que, quando aplicado nas fases vegetativas e de florescimento, o deficit hídrico severo provoca a morte das plantas. Vale ressaltar, todavia, que Labanauskas *et al.* (1981) relatam que alguns estudos relacionados à produção do caupi submetido ao estresse hídrico em diferentes estádios de crescimento têm produzido resultados contraditórios.

De acordo com os resultados fornecidos pelo índice de soma das pontuações, foram feitos os gráficos 3.1. correspondentes à avaliação da evolução dos sintomas de stress hídrico de acordo com o tempo - agrupando as 3 variedades que se consideraram susceptíveis e as 3 variedades que se consideraram tolerantes.

A figura abaixo resulta de observações visuais feitas às reacções de diferentes variedades de feijão nhemba em relação ao stress hídrico. Com base na figura 3.1. (a), constituída pelas variedades UC-CB-27, UC-CB-46 e MOUGNE, correspondente ao desenvolvimento dos sintomas de stress com o passar do tempo, pode-se notar que todas as variedades tiveram um comportamento decrescente até ao dia D3, este correspondente a 12 dias após o início do aparecimento dos sintomas de stress, tendo saído do nível 1 ao nível 2, o que quer dizer que a planta já não apresentava uma coloração verde brilhante, nem tecidos túrgidos, estando com

uma coloração verde pálida e tecidos flácidos. No 11º dia houve uma ocorrência de chuva, que proporcionou alguma melhoria na variedade UC-CB-27, ao contrário das outras que se mantiveram constantes, como mostra a figura. A partir do dia D3 (12 dias do surgimento dos sintomas) as variedades tiveram um comportamento decrescente até ao dia D5 (16 DAS) onde o nível dos sintomas aumentou até ao nível 3 (plantas com folhas de cor verde a amarela com murcha moderada), tendo depois uma tendência de subidas e descidas na melhoria do aspecto visual da planta até ao dia D10 (18 DAS). Do D11 (19 DAS) ao D13 (21 DAS) todas variedades tiveram um comportamento constante durante estes 3 dias, aliado a dias sucessivos de ocorrência de chuva. Passado o D13, até ao D15 o aspecto visual das plantas, nomeadamente as folhas trifoliales da base e do topo mostrando uma mudança acelerada, aumentando a abscisão das folhas e senescência, a sua coloração passou de amarela a castanha. Aos 23 DAS as 3 variedades atingiram o nível 5.



17 dias após a emergência das plantas

Figura 4 Evolução do sintoma de stress de acordo com o tempo. As 3 variedades mais tolerantes (b), as 3 variedades mais susceptíveis (a) seleccionadas das 24 variedades de feijão nhemba em ambiente stressado de acordo com os resultados do RSI. Os valores correspondem à média de 4 plantas.

Com base na 3.1. (b), constituída pelas variedades INIA-73, IT-18 e IT-97K-284-4, correspondente ao desenvolvimento dos sintomas de stress em variedades tolerantes após o aparecimento dos sintomas de stress, pode-se notar que as 3 variedades, até ao dia D5, que corresponde a 14 dias após o surgimento dos sintomas de stress, tiveram um comportamento decrescente, saindo de S1 (planta com folhas verdes brilhantes e tecidos túrgidos), passando por

S2 (plantas com folhas verde pálidas e ligeira murcha) até S3 (planta com folhas de coloração verde com tendência a amarela e murcha moderada). Do dia D5 ao dia D9 (19 dias após o término do fornecimento de água), estas variedades tiveram um comportamento crescente, pelo facto de ter reduzido o stress hídrico, como consequência da chuva que ocorreu nestes dias. De D9 a D11 (20 DAS), as variedades tiveram uma tendência decrescente, seguida por um comportamento constante até ao dia D13 (22 DAS). No dia D13 ocorreu uma precipitação ligeira, que teve uma resposta diferente nas variedades. A variedade INIA-73, manteve-se constante, o que significa que o aumento da humidade do solo não teve efeitos no comportamento da variedade, 75% das folhas trifolias continuavam verdes e 25 % amarelas, sem nenhuma abscisão, ao contrário da variedade IT-18, que apresentou uma evolução na escala dos sintomas de 4 (planta com folhas de coloração amarela a castanha e murcha severa) a 4.5, com 50% das folhas amarelas e ligeira abscisão (fig. 3.1.). Estes resultados são similares aos do estudo feito por Summerfield *et al.*, (1976a), que concluíram que o feijão desenvolvido em estufa foi sensível ao stress hídrico, somente no estágio vegetativo. Entretanto, um outro estudo, feito por Wein *et al* (1979), concluiu que não se observaram efeitos significativos sobre a produção de sementes de feijão quando submetido à seca por duas semanas, durante o estágio vegetativo ou de floração.

4.3 Discussão

Neste estudo o stress hídrico foi imposto pela interrupção do fornecimento de água por um período, a partir dos 15 DAE até ao término do ensaio nas 24 variedades de feijão nhemba utilizadas no ensaio realizado na estufa. Os resultados mostraram que todas as variedades utilizadas no ensaio foram afectadas pelo stress hídrico, tendo variado, somente, o mecanismo utilizado por cada uma delas para tolerar o stress. O stress hídrico reduziu a altura das plantas, o número de folhas, os dias para a floração e o número de flores.

Tabela 5 Análise de variância para os parâmetros número de flores, altura das plantas e número das folhas

NOVA					
Indicadores		S.Q.	G.L	Q.M.	F pr.
Número das Flores	Variedades	597.75	23	25.98913043	0.001
	Erro	1939.5	168	11.54464286	
	Total	2537.25	191		
Altura das plantas	Variedades	1470.172031	23	63.9205231	0.237
	Erro	3318.68375	168	19.75406994	
	Total	4788.855781	191		
Número de folhas	Variedades	105.53125	11	9.59375	0.403
	Erro	760.875	84	9.058035714	
	Total	866.40625	95		

d) Número de folhas

Em geral, as variedades apresentaram maior número de folhas no tratamento não stressado do que no stressado. O resultado da análise de variância a nível de 5%, que consta da tabela 3.3, revelou não haver diferenças significativas entre o número de folhas. O contrário foi encontrado por Amanullah *et al.*, (2011) que concluiu que, sob efeito do stress hídrico, o número de folhas/planta reduziu em seis variedades de trigo e duas variedades de cevada. A redução na produção de folhas e o aumento da senescência e abscisão foliar devido ao estresse hídrico têm, também, sido relatados (Everson, 2004). Outras pesquisas também demonstraram que o déficit hídrico durante a fase vegetativa causa a redução das folhas e do crescimento da planta (Kerbaui, 2004).

A redução na produção de folhas e/ou resultados de senescência foliar e o aumento na diminuição da área foliar pode ser um mecanismo de prevenção ao stress hídrico. A redução no crescimento das folhas e da planta têm sido atribuídas à diminuição da expansão celular, resultante da diminuição do teor de água da planta e turgor devido ao stress hídrico (Kramer and Boyer, 1995). A redução do número de folhas em plantas sob estresse hídrico pode ser considerada como uma estratégia de sobrevivência sob condições adversas, para evitar a perda de água por transpiração (Kozlowski, 1976). Estes resultados estão em linha com os deste estudo,

onde, sob efeito do stress hídrico, o número de folhas reduziu em 24 variedades de feijão-nhamba.

e) A altura da planta

De acordo com os resultados da tabela 3.3 da ANOVA, verificou-se não haver diferenças significativas na altura das plantas. Este resultado é similar ao obtido por Abayomi & Abidoye (2009) no seu estudo de avaliação da tolerância ao stress hídrico em genótipos de feijão nhamba. Esta altura tornou-se menor à medida que se intensificava o stress hídrico. Segundo Kramer & Boyer (1995), a redução do crescimento da planta é atribuída à redução da expansão celular como resultado do decréscimo do conteúdo de água na planta e turgor devido ao stress hídrico. Ahmad *et al.*, (2009) concluíram que a altura da planta e o índice de matéria seca decresceram com o aumento do stress hídrico nas variedades de girassol.

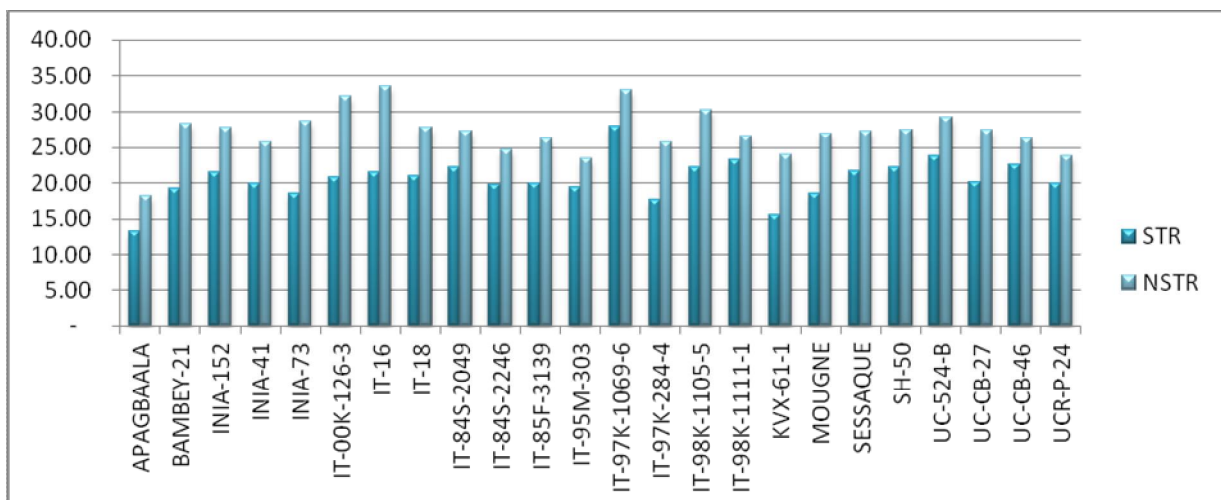


Figura 5 Efeito dos regimes de água (stressado e não stressado) na altura das plantas de 24 variedades de feijão nhamba

Mirbahar *et al.*, (2009) observou que diferentes níveis de stress hídrico reduziram significativamente a altura da planta em variedades de trigo. A altura da planta no feijão nhamba tem demonstrado ser menor nas condições de stress hídrico (Hiler *et al.*, 1972). Summerfield *et al.*, (1976), demonstrou que plantas de feijão nhamba que passaram por stress hídrico tiveram uma redução em tamanho e número de ramos. Estes resultados estão em consonância com os obtidos neste estudo, em que, sob condição de stress hídrico, a altura é menor.

f) Número de dias para o surgimento da 1ª flor e número de flores

Com base nos resultados obtidos, pode-se notar que o stress hídrico afectou o número de dias para o surgimento da 1ª flor de maneira diferente em cada variedade, dependendo do tipo de stress. Por sua vez, Kamara (1976) observou que, quando aplicado nas fases vegetativas e de florescimento, o deficit hídrico severo provoca a morte das plantas. Vale ressaltar, todavia, que Labanauskas *et al* (1981) relatam que alguns estudos relacionados à produção do nhemba submetido ao estresse hídrico em diferentes estágios de crescimento têm produzido resultados diferentes. O stress hídrico pode induzir mudanças nas hormonas das plantas, as quais acabam afectando o número de dias para a floração.

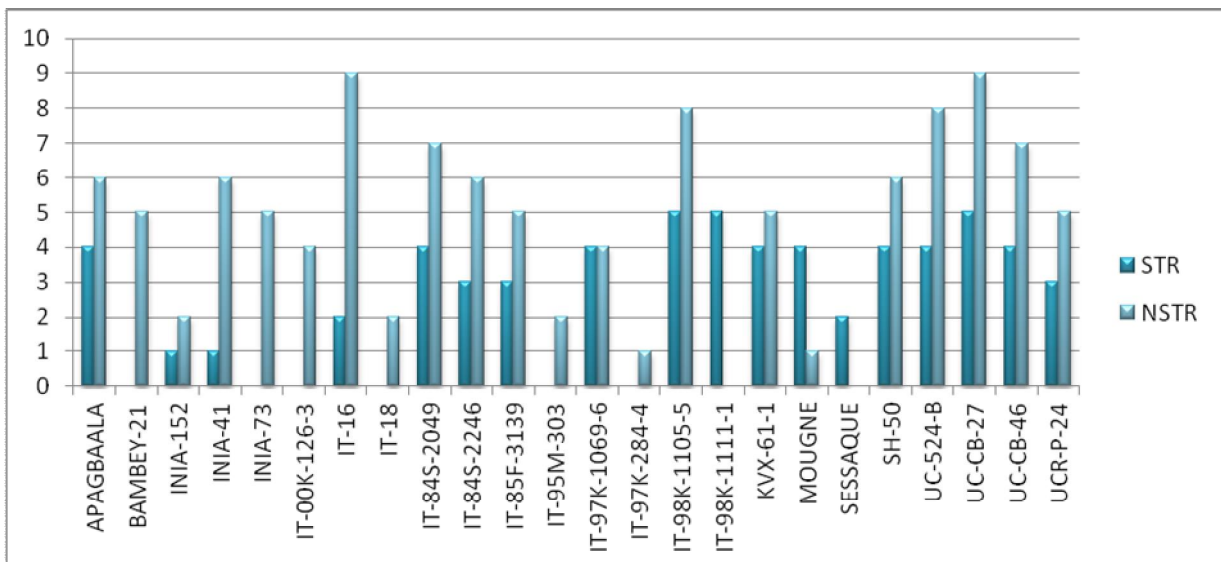


Figura 6 Efeito dos regimes de água (stressado e não stressado) no número de flores de 24 variedades de feijão nhemba

Para Xu *et al.* (2005) e Larcher (2004) o período de florescimento pode ser usado como mecanismo de escape à seca, com as plantas acelerando o florescimento e enchendo os grãos antes que o estresse se torne muito severo. No entanto, observa-se que houve um aumento no número de dias para o florescimento, na condição sob estresse por deficiência hídrica, para a maioria dos genótipos. Uma possível explicação para tal facto, é que tal deve-se ao facto das plantas, nessa condição, não apresentarem, ainda, reservas de fotoassimilados suficientes para o florescimento e posterior enchimento dos grãos.

A variação de dias para o florescimento, entre as condições de cultivo, talvez possa ser atribuída à capacidade do genótipo, sob condição de estresse de seca, priorizar os fotoassimilados produzidos para formar, primeiro, as partes vegetativas que servirão para aumentar a área de produção destes fotoassimilados e, posteriormente, redireccioná-los para o enchimento dos grãos.

4.5 Conclusões e Recomendações

4.5.1 Conclusões

- O stress hídrico reduziu o número de folhas por planta, a altura da planta, o número de flores por planta e o número de dias para a floração
- As variedades INIA-73, IT-18 E IT-97K-284-4, revelam um comportamento para tolerância ao stress hídrico
- As variedades UC-CB-27, UC-CB-46 E MOUGNE apresentaram alta sensibilidade ao déficit de água no solo, com marcante redução no número de folhas, abscisão foliar e número de flores.

4.5.2 Recomendações

Devem ser realizados estudos mais aprofundados que possam englobar mais níveis de stress hídrico, bem como o acompanhamento do mesmo até à fase de colheita. Isso poderá ajudar a verificar até que ponto, em condições controladas, o stress hídrico poderá afectar os componentes de rendimento.

4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEGG, J. E. & TURNER, N. C., 1976. Crop water deficits. *Adv. Agron.* 28. Pp 161-217.
- BEZERRA, F. M. L.; ARARIPE, M. A. E.; TEÓFILO, E. M.; CORDEIRO, L. G.; SANTOS, J. J. A. 2003. Feijão-caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. *Ciência Agronômica.* 34: 5-10.
- CARVALHO, M. H. C. LAFFRAY E P. LOUGUET. 1998. Comparison of the physiological responses of *Phaseolus vulgaris* and *vigna unguiculata* cultivars when submitted to drought conditions. *Environmental and Experimental Botany.* 40: 197-207.
- CHIULELE, R. M., 2003. Morphological and Physiological responses of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) Cultivars to induced water stress and phosphorus nutrition. Msc thesis. University of Stellenbosch, South Africa.
- DOORENBOS, J. & KASSAM, A. H. 1979. Yield response to water. Rome: FAO. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33). 193Pp.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A H. 1994. Efeito da água no rendimento das culturas. FAO, Roma. 306 Pp.
- EHLERS, J. D. & HALL A E. 1997. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). Field Crops Research. 53: 187-204.
- FAO, 2008. Crop statistics. Disponível em <http://faostat.fao.org/site/567/Desktopfault.asp?pageID#>, acessado aos 16/06/2012.
- GWATHMEY, C. O. & HALL, A. E. 1992; Adaptation to midseason drought of cowpea genotypes with contrasting senescence traits. *Crop science*, 32: 773-778.
- HEEMSKERK, W., SIMANGO, J. S. & LEONARDO, A. 1998. Resultados da investigação de feijão nhemba (*Vigna unguiculata* L. Walp) 1982-1987. INIA. Projecto UNDP/FAO/MOZ/86/009. Documento de campo nº 2.61pp.

- KERBAUY, G. B. 2004. Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan S.A. 504p.
- KOZŁOWSKI, T. T., 1972. Water deficits and plant growth. Volume III. Plant responses and control of water balance. *Academic press*. New York and London. 368 Pp.
- LARCHER, W. Ecofisiologia Vegetal, traduzido por: Prado, C. H. B. A., ed. RiMa, São Carlos, 2004.
- MAI-KODOMI, Y., SINGH, B. B., MYERS, JR., YOPP, J. H., GIBSON, P. J. & TERAPO, T., 1999b. Two mechanism of drought tolerance in cowpea. *Indian Journal Genetic Plant Breeding*. 59: 309-316.
- MAI-KODOMI, Y., SINGH, B. B., TERAPO, T., MYERS, JR., YOPP, J. H. & GIBSON, P. J., 1999a, Inheritance of drought tolerance in cowpea. *Indian Journal Genetic Plant Breeding*. 59: 317-323.
- SINGH, B. B., MAI-KODOMI, Y. & TERAPO, T., 1999b. A simple screening method for drought tolerance in cowpeas. *Indian Journal Genetic Plant Breeding* .59: 211-220.
- SINGH, S. R. & RACHIE, K. O. 1985. Cowpea research production and utilization. John Wiley & Sons, New York. 460pp.
- TURK, K. J. & HALL, A. E.,1980c. Drought adaptation of cowpea. IV. Influence of drought on water use and relations with seed yield. *Agronomic Journal*. 72: 431-420.
- WIEN, H. C., LITTLETON, E. J. & AYANABA, A., 1979. Drought stress of cowpea and soybean under tropical conditions. In H. Mussel and R. C. Staples. Stress physiology in crop plants. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- XU, Y.; MCCOUCH, S. R.; ZHANG, Q. How can we use genomics to improve cereals with rice as a reference genome? *Plant Molecular Biology*. v. 59, p. 7-26, 2005.

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Feijão nhemba (*Phaseolus vulgaris L. Walp*) é actualmente a mais importante cultura de produção de alimentos na região tropical onde é normalmente cultivada em áreas com prolongados períodos de seca. Várias são as variáveis fisiológicas, morfologias e bioquímicas estudadas para avaliar modificações nas plantas, sempre correlacionadas umas com outras. A literatura reporta que as plantas de feijão nhemba possuem certa tolerância a escassez de água no solo, entretanto, foi de notar, neste estudo o efeito do stress hídrico sobre crescimento e desenvolvimento do feijão nhemba. Constatou-se que esta cultura é tolerante ao stress hídrico para manter sua sobrevivência em detrimento do rendimento de grãos.

O conhecimento de atributos fisiológicos relacionados com a disponibilidade hídrica no solo, é de extrema importância na recomendação de variedades tolerantes, que maximizem a produção com maior economia de água. Os estudos realizados neste trabalho mostram que o stress hídrico teve um significativo efeito sobre as características estudadas e as 24 variedades apresentaram respostas variáveis ao estresse hídrico.

No que concerne ao mecanismo ao stress hídrico, surgiram 2 tipos de mecanismo de tolerância ao stress hídrico: Um em que as folhas unifolias e trifolias da base murchavam, enquanto as folhas trifolias do tipo e o meristema continuavam brilhantes e outro tipo de mecanismo em que toda planta murchava em simultâneo. As 3 variedades que se mostraram mais tolerantes que as outras foram: UC-CB-27, UC-CB-46 e MOUGNE.

Este estudo possibilitou geração de informações importantes a respeito dos processos morfológicos que conferem tolerância à seca e, dessa maneira, poderá contribuir para programas de melhoramento genético por identificar variedades de Feijão nhemba com fonte de tolerância à seca, que por sua vez poderão possibilitar um aumento da produção em áreas com reduzida disponibilidade de água para a cultura.

GenStat Release 10.3DE (PC/Windows 7) 11 March 2014 10:29:12
 Copyright 2011, VSN International Ltd. (Rothamsted Experimental Station)

The GenStat Discovery Edition can be used for educational or not-for profit research purposes in qualifying countries. A list of qualifying countries can be viewed at <http://discovery.genstat.co.uk>.

Commercial use of the GenStat Discovery Edition is strictly prohibited.

GenStat Discovery Edition 4
 GenStat Procedure Library Release PL18.2

```

1  %CD 'C:/Users/Fina/Documents'
2  "Data taken from File: \
-3 C:/Users/Fina/Desktop/Dados da tese finais para Vena (1).GSH"
4  DELETE [REDEFINE=yes] _stitle_: TEXT _stitle_
5  READ [PRINT=*; SETNVALUES=yes] _stitle_
9  PRINT [IPRINT=*] _stitle_; JUST=left
  
```

Data imported from Excel file: C:\Users\Fina\Desktop\Dados da tese finais para Vena (1).xls
 on: 11-Mar-2014 10:16:31
 taken from sheet ""Sheet1"", cells A3:G194

```

10 DELETE [REDEFINE=yes] Trat,Rep,Var,Nr_Flores,Altura,Nr_Folhas,\
11 Nr_De_dias_para_a_floracao
12 UNITS [NVALUES=*]
13 FACTOR [MODIFY=yes; NVALUES=192; LEVELS=48; REFERENCE=1] Trat
14 READ Trat; FREPRESENTATION=ordinal
  
```

Identifier	Values	Missing	Levels
Trat	192	0	48

```

23 FACTOR [MODIFY=yes; NVALUES=192; LEVELS=4; REFERENCE=1] Rep
24 READ Rep; FREPRESENTATION=ordinal
  
```

Identifier	Values	Missing	Levels
Rep	192	0	4

```

31 FACTOR [MODIFY=yes; NVALUES=192; LEVELS=26; LABELS=!t('APAGBAALA',\
32 'BAMBEY - 21', 'BAMBEY-21', 'INIA-152', 'INIA-41', 'INIA-73', 'IT-00K-126-
33 'IT-16', 'IT-18', 'IT-84S-2049', 'IT-84S-2246', 'IT-85F-3139', 'IT-95M-
303',\
34 'IT-97K-1069-6', 'IT-97K-284-4', 'IT-98K-1069-6', 'IT-98K-1105-5',\
35 'IT-98K-1111-1', 'KVX-61-1', 'MOUGNE', 'SESSAQUE', 'SH-50', 'UC-524-B',\
36 'UC-CB-27', 'UC-CB-46', 'UCR-P-24'); REFERENCE=1] Var
37 READ Var; FREPRESENTATION=ordinal
  
```

Identifier	Values	Missing	Levels
------------	--------	---------	--------

Var	192	0	26			
45	VARIATE [NVALUES=192]	Nr_Flores				
46	READ	Nr_Flores				
	Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
	Nr_Flores	0.0000	2.688	16.00	192	0
						Skew
53	VARIATE [NVALUES=192]	Altura				
54	READ	Altura				
	Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
	Altura	11.00	21.85	39.00	192	0
64	VARIATE [NVALUES=192]	Nr_Folhas				
65	READ	Nr_Folhas				
	Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
	Nr_Folhas	4.000	8.219	17.00	192	96
72	VARIATE [NVALUES=192]	Nr_De_dias_para_a_floracao				
73	READ	Nr_De_dias_para_a_floracao				
	Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
	Nr_De_dias_para_a_floracao	30.00	37.67	45.00	192	0

Information summary

Design unbalanced, analysed by GenStat regression

Predictions from regression model

Response variate: Nr_Flores

Var	Prediction
APAGBAALA	2.250
BAMBEY - 21	10.570
BAMBEY-21	1.490
INIA-152	1.000
INIA-41	3.000
INIA-73	1.875
IT-00K-126-3	1.375
IT-16	2.000
IT-18	0.250
IT-84S-2049	4.125
IT-84S-2246	3.125
IT-85F-3139	2.625

IT-95M-303	0.625
IT-97K-1069-6	2.396
IT-97K-284-4	0.500
IT-98K-1069-6	0.231
IT-98K-1105-5	6.125
IT-98K-1111-1	5.000
KVX-61-1	1.875
MOUGNE	1.375
SESSAQUE	0.750
SH-50	4.125
UC-524-B	6.500
UC-CB-27	5.250
UC-CB-46	4.500
UCR-P-24	1.500

Minimum standard error of difference	1.679
Average standard error of difference	1.980
Maximum standard error of difference	4.801