



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL

DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO VEGETAL

Curso de Licenciatura em Engenharia Agronómica

Projecto Final

Tema:

Análise de Estabilidade do Rendimento de 15 Genótipos de Feijão Nhemba (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) em 3 locais

Autora: Márcia Marcelo Mucache

Supervisor: Prof. Doutor Rogério Marcos Chiulele, PhD

Co-supervisor: Eng. Teodoro Chale, MSc

Maputo, Julho de 2025

Análise de Estabilidade do Rendimento de 15 Variedades de Feijão Nhemba (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) em 3 locais

Projecto final submetido ao Departamento de Produção Vegetal na Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane, , como parte dos requisitos para obtenção do grau académico de Licenciatura em Engenharia Agrónómica.

Maputo, Julho de 2025

RESUMO

O desenvolvimento de variedades nos programas de melhoramento genético é uma actividade que culmina com a libertação daquelas que forem promissoras. Todavia, antes disso, estes materiais precisam ser comparados com outros em ensaios multilocais afim de perceber qual é o seu desempenho e, até que ponto se adaptam aos diferentes ambientes de cultivo. Assim sendo, o presente estudo tem como objectivo avaliar a adaptabilidade e estabilidade do rendimento de genótipos de Feijão Nhemba (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) em ensaios multi-locais. Para tal, foram estabelecidos ensaios on-station nos seguintes locais: Chókwe, Maniquenique e Nhacoongo. Os tratamentos foram constituídos por quinze (15) genótipos a saber: INIA-41, P8-32-8, IT-1105, CB-46, CB-524B, 503 x P24 S/N (2), B21 x 499-13-2, B21 x 2246-4, 2246 x 503-9-5, 41 x 18-9-1, 499 x 18-1-13, B21x 2246-3-4, P5-21-5, 013-40 e 012-43. O genótipo INIA-41 foi usado como controlo, por já ter sido liberado para os ambientes em causa. O delineamento usado foi o alfa-lattice, com disposição de 3 linhas e 5 colunas, em três repetições. As variáveis medidas foram; rendimento do grão, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes. Os resultados indicaram forte interação genótipo x ambiente e, foram identificados quatro genótipos 2246x503-9-5, 499x18-1-13, 41x18-9-1 e IT-1105, que apresentaram alta estabilidade do rendimento e com produtividade superior ao do genótipo liberado INIA-41.

Palavras chave: Feijão nhemba; interação genótipo x ambiente; estabilidade de rendimento; genótipo

DEDICATÓRIA

Dedico este projecto à todos os que dedicaram-se a minha formação, em especial:

À memória da minha avó, Ana Enoque Zimila e a do meu tio Raimundo Zita que Deus os tenha em sua morada;

Aos meus pais, Marcelo Mucache e Claudina Noa Zita.

AGRADECIMENTOS

Primeiro gostaria de agradecer a Deus pelo dom da vida e por guiar-me contra todas as adversidades da vida. Agradeço aos meus Pais Marcelo Mucache e Claudina Noa Zita, que muito fizeram para garantir que eu chegasse aqui e realizasse um sonho nosso em atingir este grau. Agradeço igualmente aos pais que a vida deu-me Júlio Mabasso, Artimiza Zita, Melta Mário Maoze, Rogério Marcos Chiulele e aos meus tios Rafel Zita, Sérgio Tamele, Lídia Chilaúle e André Chaguala.

Agradeço a Universidade Eduardo Mondlane pela bolsa de estudo a que fui beneficiária nesta instituição, foi de grande valia, ademais agradeço ainda pela assistência que tive dos serviços prestados aos estudantes, em todos os momentos em que estive mal com a saúde. Gostaria de endereçar um agradecimento especial a minha Psicóloga Dra Ester Bispo, por tantos conselhos que tem me dado, como sempre digo é o meu segundo cérebro fora do crânio.

Aos meus supervisores, Prof. Doutor Rogério Marcos Chiulele e Mestre Teodoro Chale, e ao Kajale Jeorge, muito obrigada pelos ensinamentos, paciência e orientações desde o trabalho até à conclusão deste projecto.

Agradeço igualmente o Prof. Inácio Maposse pelo suporte e aos meus irmãos, amigos e colegas, Eutímia Mucache, Cleiton Mucache, Nelma Nhamussua, Fulgêncio Bila, Jacinto Bila, Onesma Necha, Mira Zimba, João Magona, Sofia Pira, Muanema Carlos, Nilza Pequenino, Fred António, Hélder Monteiro, Ussene Quichene, Naida Mohomed, Alexandrina Muchanga, Justino Pelembe, Imanishimwe Nkurunziza, Angélica Ngale, Lúcia Domingos, Rosita Rachid, Lorena Marrufo, Alina Ferrão, Abel Simango, Hélio Langa e Filomena Machava, muito obrigada pelo suporte e por sempre proporcionarem-me momentos de risos e por serem esses companheiros da estudos. E, por fim, a todos que, de alguma forma, directa ou indirecta, contribuíram para a minha formação, obrigada.

ÍNDICE

Lista de figuras.....	i
Índice de tabelas.....	i
LISTA DE ABREVIATURAS	ii
I. INTRODUÇÃO	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Problema do estudo e justificação.....	2
1.3. Objectivos.....	4
1.3.1. Objectivo geral.....	4
1.3.2. Objectivos específicos:	4
1.4. Hipóteses	4
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Ensaio multilocais	5
2.2. Concepção do ambiente.....	6
2.3. Interação entre genótipo e ambiente (GXE).....	7
2.4. Análise de estabilidade do rendimento de feijão nhemba.....	8
III. MATERIAIS E MÉTODOS	10
3.1. Período e caracterização do local de condução do ensaio	10
3.2. Material usado no ensaio e sua origem.....	11
3.3. Dimensão das parcelas e tamanhos culturais.....	11
3.4. Variáveis medidas	12
3.5. Análise de dados.....	13
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4.1. Resultados.....	16
4.1.1. A análise de variância do rendimento e suas componentes	16
4.1.2. Rendimento do grão	17
4.1.3. Número de vagens por planta	17
4.1.4. Número de sementes por vagem.....	18
4.1.5. Peso de 100 sementes.....	19
4.1.6. Correlação entre o rendimento do grão e suas componentes	22
4.1.7. Análise de interação entre o genótipo e o ambiente	23

4.1.8. Análise de estabilidade do rendimento dos genótipos de feijão nhemba usando GGE biplot.....	25
4.2. Discussão.....	28
V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	31
5.1. Conclusões.....	31
5.2. Recomendações	31
I. ANEXOS	37

Lista de figuras

Figura 1: Interação entre o genótipo e o ambiente : Rendimento dos 15 genótipo nos três ambientes (Chókwè, Maniquenique e Nhacoongo)	25
Figura 2 Genótipos com melhor e pior desempenho nos diferentes ambientes avaliados.....	26
Figura 3. Ordenamento do rendimento e estabilidade dos 15 genótipos através do método GGE biplot.	27
Figura 4. Classificação dos 15 genótipos de feijão nhemba reactivamente ao genótipo ideal. ...	28

Índice de tabelas

Tabela 1: Nome e origem dos 15 genótipos avaliados quanto à estabilidade neste estudo	11
Tabela 2: Análise de variância para o rendimento e suas componentes em Chókwè.....	16
Tabela 3: Análise de variância para o rendimento e suas componentes em Maniquenique	16
Tabela 4: Análise de variância para o rendimento e suas componentes em Nhacoongo.....	17
Tabela 5 Número de vagens por planta, número de sementes por vagem de 15 genótipos medidos em Chókwè, Maniquenique e Nhacoongo	20
Tabela 6. Peso de 100 sementes (g) e rendimento do grão ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de 15 genótipos medidos em Chókwè, Maniquenique e Nhacoongo	21
Tabela 7 Análise de correlação entre rendimento médio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes dos genótipos avaliados em Chókwé. 22	
Tabela 8 Análise de correlação entre rendimento médio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes dos genótipos avaliados em Maniquenique	22
Tabela 9 Análise de correlação entre rendimento médio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes dos genótipos avaliados em Nhacoongo	22

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA – Análise de variância

CFAM - Centro de Formação Agrária de Maniquenique

CV- Coeficiente de variação

DMS- Diferenças mínimas significativas

EAC - Estação agrária de Chókwè

FAOSTAT- Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database

g- grama

G- Genótipo

GxA- interação entre genótipo e ambiente

ha- hectare

IIAM- Instituto de Investigação Agrária de Moçambique

IITA- Instituto Internacional de Agricultura Tropical

Kg- quilograma

MADER- Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural

NSV- número de sementes por vagens;

NVP- número de vagens por planta

P100S- peso de 100 sementes

PANh- Posto Agronómico de Nhacoongo

Rend- Rendimento

UCR- Universidade de Califórnia Riverside

I. INTRODUÇÃO

1.1. Generalidades

O feijão nhemba (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), é uma cultura adaptada às condições de clima tropical e subtropical. A cultura é maioritariamente produzida nas regiões tropicais e sub-tropicais do continente Africano onde, de acordo com a FAO (2023) cerca de 97% da produção mundial estimada em cerca de 10 milhões de toneladas tem lugar. De acordo com a mesma fonte, os maiores produtores da cultura no mundo estão localizados no continente Africano, sendo de destacar a Nigéria, o Níger e Burquina Faso que contribuíram com cerca de 44%, 28% e 7%, na produção total mundial. Para além da produção, maiores áreas de produção tem lugar no continente Africano destacando-se a Nigéria, o Níger e Burquina Faso, que contribuíram com cerca de 39%, 32% e 10%, da área total mundial estimada em cerca de 15.4 milhões de hectares (FAO, 2023). Apesar de Moçambique não estar entre os maiores produtores da cultura, esta é de grande importância para o país.

O feijão nhemba em Moçambique é uma cultura de extrema importância, principalmente para a população que depende da cultura para a subsistência. Da cultura podem ser aproveitadas para o consumo humano as folhas e vagem frescas e o grão, constituindo-se numa das principais fontes de proteínas, minerais, vitaminas e fibras (Silva *et al.*, 2024; Singh *et al.*, 1997; Vespucci *et al.*, 2018). Em Moçambique a cultura é considerada uma cultura de segurança alimentar e é a leguminosa de baixo custo encontrada nos mercados, o que a torna acessível para a população de baixa renda (MADER, 2023).

Faz parte das três leguminosas mais comercializadas no país e a sua comercialização ocorre maioritariamente sob forma de grão (MADER 2024; Vespucci, 2018). Apesar da importância de que a cultura tem, ao nível dos produtores os rendimentos obtidos são ainda muito baixos. Entre os anos 2019 e 2023 a média anual do rendimento obtido variou entre 239 e 255 kg.ha⁻¹, esses rendimentos são relativamente baixos quando comparados aos rendimentos médios observados a nível mundial que estiveram entre do 578 e 646 kg.ha⁻¹ de média mundial obtidos no mesmo período e (FAOSTAT, 2025). No entanto, são vários os factores que condicionam a produtividade da cultura, tais como baixo potencial produtivo das variedades usadas, a falta de capital suficiente para adquirir insumos como a semente de qualidade, fertilizantes e pesticidas e fraco controlo de pragas e doenças (IIAM, 2006; Oliveira *et al.*, 2019).

A importância desta cultura vai além da subsistência dos agregados familiares e pode ser verificada sob o ponto de vista edáfico. Existem várias características que tornam a cultura indispensável em sistemas de produção como a interação harmónica entre a cultura e as bactérias *Paenibacillus* e *Bradyrhizobium spp* fixadoras de nitrogénio biológico (Silva *et al.*, 2008; Singh, *et al.*, 1997; Sousa, *et al.*, 2021). A capacidade da cultura de fixar nitrogénio biologicamente, reduz a necessidade de uso de fertilizantes, contribuindo para a conservação do solo e conseqüentemente, para a sustentabilidade agrícola (Singh, *et al.*, 1997; Sousa, *et al.*, 2021), estima-se que a fixação de nitrogénio no solo possa variar entre 70 e 350 kg.ha⁻¹, dependendo das condições edafoclimáticas quando cultivada (Singh *et al.*, 1997). Por todos impactos positivos já mencionadas, evidencia-se que a cultura apresentara baixos custos de produção (Frota, 2008; Sousa, *et al.*, 2021), tornando-a uma alternativa viável para população com baixos poder de compra de insumos.

Dada a importância do feijão nhemba para a população, tem havido uma crescente necessidade de melhorar o potencial agrícola desta cultura. Todavia a investigação agrária em Moçambique ainda é instável e a principal causa desta instabilidade observada é a escassez de recursos para a condução (do início ao fim) dos programas de melhoramento genético das plantas (IIAM, 2006). Actualmente alguns programas têm sido implementados em torno de testagem de génotipos estrangeiros e melhoramento de génotipos locais, de modo a incrementar o potencial agronómico desta cultura, sendo um deles o programa de melhoramento do feijão nhemba em Moçambique, levado à cabo pela Universidade Eduardo Mondlane, porém, com enormes dificuldades.

1.2. Problema do estudo e justificação

A produção de feijão nhemba em Moçambique é praticada pelos pequenos agricultores para a subsistência familiar (Chipeta *et al.*, 2024), e é predominantemente dependente de precipitação. O feijão nhemba é produzido em todo o país em diferentes zonas agroecológicas, que caracterizam-se por ter diferentes condições climáticas tais como temperatura e precipitação (IIAM, 2006; MADER, 2024). Os diferentes factores climáticos criam a variação de rendimento do feijão nhemba.

A instabilidade do rendimento da cultura coloca os agricultores em risco e cria incerteza para segurança alimentar no país. Além disso, Moçambique caracteriza-se por ter chuvas erráticas, e secas prolongadas associadas às mudanças climáticas e isso modifica as características ambientais a que se desenvolvem as culturas. Assim sendo, elas sofrem para adaptarem-se ao novo ambiente

(World Bank, 2024). Portanto, para atender às necessidades comerciais e alimentares do país, torna-se necessário melhorar o desempenho agronómico da cultura de modo a atingir rendimentos cada vez mais satisfatórios e, não só mas também que seja adaptada aos diferentes factores ambientais importantes.

O programa de melhoramento de feijão nhemba da Universidade Eduardo Mondlane tem estado a desenvolver novas variedades para fazer face aos desafios actuais da produção agrícola no país. Esses desafios incluem a necessidade de desenvolver variedades com alto rendimento potencial, tolerância aos vários factores bióticos e abióticos. Existe uma vasta diversidade de ambientes na qual o feijão nhemba é cultivado, tornando isso um desafio que os melhoradores enfrentam para fazer recomendação generalizada ou específica do ambiente onde cada novo genótipo desenvolvido pode ser cultivado (Ramagosa e Fox, 1993). Para tal, a condução de ensaios multilocais é forma recomendada de perceber qual é o comportamento e desempenho dos genótipos às diversas condições ambientais.

Neste contexto, cerca de quinze (15) genótipos provenientes do programa de melhoramento da UEM, Instituto de Investigação Agrária de Moçambique, Instituto Internacional de Agricultura Tropical e Universidade de Califórnia Riverside, foram avaliados para se aferir a sua estabilidade dos seus rendimento em 3 ambientes de cultivo. Desta forma, o presente estudo visa avaliar a estabilidade de rendimento de 15 diferentes genótipos de feijão nhemba em diferentes ambientes . O estudo pretende identificar genótipos com características superiores em cada ambiente, e a devida alocação de genótipos produtivos, adaptados aos diferentes ambientes e com estabilidade nos seus rendimentos. E, que proporcionam uma maior segurança alimentar, nutricional e meios de subsistência.

1.3. Objectivos

1.3.1. Objectivo geral

Identificar genótipos de feijão nhemba com alto desempenho e estabilidade no rendimento em diferentes ambientes.

1.3.2. Objectivos específicos:

- Avaliar o rendimento de 15 genótipos de feijão nhemba nos diferentes ambientes;;
- Avaliar as componentes de rendimento dos 15 genótipos de feijão nhemba nos diferentes ambientes e sua relação com o rendimento;
- Avaliar a interação genótipo x ambiente para aferir adaptabilidade e estabilidade de rendimento dos 15 genótipos de feijão nhemba nos diferentes ambientes.

1.4. Hipóteses

Nesta pesquisa, tomou-se em conta as seguintes hipóteses:

- a) Existe pelo menos um genótipo com alto rendimento em relação aos outros;
- b) Existe pelo menos um genótipos superior nas componentes de rendimento; Há relação entre o rendimento e suas componentes;
- c) Existe interação entre genótipo e ambiente, e pelo menos um dos genótipos é adaptado e apresenta estabilidade nos diferentes ambientes testados.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Ensaio multilocalis

Os ensaios multilocalis fazem parte da fase final dos programas de melhoramento genético de plantas e consistem na realização de experimentos em diferentes locais com o intuito de avaliar o desempenho agronómico dos novos génotipos (Almeida *et al.*, 2021; Nuvunga, 2014). Os ensaios multilocalis são igualmente usados para capturar a interação entre um génotipo e o ambiente (GXE), que permite fazer uma avaliação genérica do desempenho das plantas sob diferentes condições (Coco, 2013).

A realização de ensaios multi-localis é muito importante em programas de melhoramento porque fornecem informações relativas à adaptabilidade e estabilidade de novos génotipos que se pretende propôr à inscrição como novas variedades (Alfredo, 2013). Para além disso, os ensaios multi-localis também são úteis na identificação de génotipos superiores para uma determinada especificidade ambiental, reduzindo o risco de alocação ou recomendação de variedades não produtivas na zona de cultivo (Coco, 2013). O estudo da estabilidade bem como o da interação entre o génotipo e ambiente é feito através de ensaios multi-localis para a obtenção de dados que são analisados por modelos estatísticos.

A análise de dados corresponde a uma das etapas mais cruciais num estudo, é feita de modo a sumarizar todos os dados colhidos no estudo, facilitar a interpretação dos mesmos para os investigadores, por isso torna-se importante a sua realização para a tomada de decisões e posteriores recomendações sobre o estudo. Para a análise de dados em ensaios multi-localis vários modelos foram desenvolvidos para atender a esta necessidade, dentre eles podemos encontrar a análise de variância, regressão linear, análise multivariada e análises não paramétricas (Squilass, 2003).

Para o estudo da interação entre o génotipo e o ambiente, e adaptabilidade dos génotipos à diferentes condições ambientais, implementaram o uso da regressão linear. Este método é considerado um método moroso de implementar-se, porque é necessário fazer uma regressão para cada génotipo (Finlay e Wilkinson, 1963). Subsequentemente a este método foram surgindo novos métodos para a análise, mais informativos e de fácil interpretação, resumindo várias informações simultaneamente (Yan *et al.*, 2001; Yan & Hunt, 2003).

O GGEBiplot é uma outra técnica de análise de dados de ensaios multilocalis. Esta técnica combina a análise de componentes principais com a análise de biplot para visualizar e interpretar dados

multi-ambientais, exibindo graficamente o efeito principal genotípico (G) e a interação entre o genótipo e o ambiente (GE) (Yan *et al.*, 2001). O gráfico do GGE biplot pode ser construído pela solução de Mínimos Quadrados do modelo de regressão de locais (SREG₂) e pela solução de Mandel para a regressão dos sítios (SREG_{M11}) (Yan *et al.*, 2001). Para a construção usando a (SREG₂) é necessário que haja duas componentes principais (PC1 e PC2), formando dois eixos como efeito primário e o primeiro componente principal extraído do resíduo da regressão como efeito secundário (Yan *et al.*, 2001).

A análise AMMI (Modelo de efeitos principais aditivos e interação multiplicativa) é uma metodologia que actualmente tem sido observado a sua aplicação para o processamento de dados dos ensaios multilocais (Dias *et al.*, 2014). Esta metodologia combina em sua abordagem a análise de variância e a decomposição por valores singulares, gera informação acerca de componentes dos efeitos dos genótipos, ambientes e da interação GxE (Dias *et al.*, 2014; Duarte e Vencovsky, 1999). A semelhança do modelo GGE Biplot no método AMMI a análise também pode ser feita através de uma ilustração gráfica no biplot (Dias *et al.*, 2014; Duarte e Vencovsky, 1999).

A análise de componentes principais é um procedimento que transforma conjunto de dados, correlacionados em dados descorrelacionados (Corrêa, 2023). Esse processo resulta em uma redução do número de variáveis pela eliminação as sobreposições dos dados com a menor perda possível da informação (Varela, 2008), e isso simplifica a interpretação dos dados mantendo apenas informações relevantes. Em estudos sobre a interação genótipoxambiente a primeira componente, representa a proporção da variável estudada que se deve somente às características do genótipo e a segunda componente representa a parte do rendimento que se deve a interação genótipo x ambiente (Hongyu & Silva, s.d.)

2.2. Concepção do ambiente

As culturas agrícolas obedecem determinadas situações ecológicas, pelo que, qualquer uma delas, antes mesmo de sua sementeira, exige investigações minuciosas para se apurar a possibilidade de cultivo e rendimento dessa cultura. Portanto, as diferentes manifestações do ambiente na produção das culturas são um forte determinante de desenvolvimento desta cultura e, conseqüentemente de seu rendimento. As condições ambientais a que esta cultura pode estar sujeita, aliadas aos métodos de produção a aplicar na mesma, influenciam desde a sementeira até a qualidade da colheita em cada campanha agrária de feijão nhemba.

O conceito ambiente é bastante fundamental em estudos de melhoramento genético de plantas, pois o ambiente influencia directamente no desempenho dos génotipos. De acordo com Ramagosa e Fox (1993), o ambiente é definido como o conjunto de condições sob as quais as plantas desenvolvem-se. O termo ambiente pode ser usado para referir diversos factores, como os locais de produção, as condições climáticas predominantes, anos e/ou épocas de cultivo, disponibilidade de recursos e as práticas culturais aliadas a cultura (Duarte e Vencovsky, 1999; Maia e Rocha, 2007). Portanto entender este conceito é fundamental para interpretar correctamente os resultados do estudo e tomar decisões adequadas sobre todos os génotipos do estudo.

2.3. Interação entre génotipo e ambiente (GxE)

Bowman (1972) e Ramagosa e Fox (1993), referem que a interação GxE é a expressão diferenciada do génotipo em ambientes diferentes. Para Maia e Rocha (2007) é a maneira como o ambiente e o génotipo interagem para influenciar o desenvolvimento e as características de um organismo (fenótipo). No entanto, as duas definições referem que a interação entre o génotipo e o ambiente é a alteração no desempenho dos génotipos quando alocados em ambientes diferentes.

A interação entre génotipo e o ambiente pode se apresentar de diferentes maneiras podendo ser qualitativa ou quantitativa. A interação entre génotipo e o ambiente é quantitativa (simples) quando ocorre uma mudança na magnitude do desempenho dos génotipos sem que haja uma alteração no ordenamento de génotipos e qualitativa (cruzada) quando ocorre uma alteração no ordenamento de génotipos quando cultivado em ambientes diferentes (Squilass, 2003). A interação qualitativa é a que tem causado dificuldade aos melhoradores no que concerne a indicação de génotipos de elevada estabilidade (Maia e Rocha, 2007).

A interação entre o génotipo e o ambiente é um fenómeno de extrema importância nos programas de melhoramento e tem gerado preocupação aos melhoradores. A ocorrência da interação é um factor que complica a selecção génotipos, pois diminui a relação entre o fenótipo e o génotipo (Barili *et al.* 2011). Por isso, a presença interação entre o génotipo e o ambiente compromete o progresso do programa de melhoramento na fase da selecção dos génotipos (Squilass, 2003).

A selecção de génotipos constitui uma fase crítica no programa de melhoramento de plantas. O estudo e medição de interação entre GxE é importante para a recomendação de génotipos adaptados para cada ambiente premeditado à produção (Ramagosa e Fox, 1993). Quando a actividade de

selecção de genótipos é realizada no início do programa, a ocorrência de interação GxE pode influenciar negativamente o processo, originando superestimativas do rendimento genético da cultura dado que nesta fase os ensaios são conduzidos em um só local (Duarte e Vencovsky, 1999). Apesar dos efeitos negativos da interação GxE, esta pode ser bem aproveitada para a manutenção da variabilidade de espécies dado que, as recomendações das variedades serão limitadas, ou seja, espea um local específico em que genótipo facilmente adaptou-se (Maia e Rocha, 2007).

Quando testam-se os genótipos em diferentes ambientes espera-se que haja ocorrência ou não da interação entre os genótipos e o ambiente (Squilass, 2003). Na ocorrência da interação espera-se uma variação na posição dos genótipos ou até mesmo uma mudança na magnitude da diferença do desempenho entre os genótipos ao serem avaliados em diferentes ambientes (Nuvunga, 2014). Não obstante, a realização de ensaios multilocais é bastante pertinente na fase final do programa de melhoramento, para aferir a estabilidade das características da planta e minimizar o efeito da interação GxE, porque os melhores genótipos num determinado ambiente nem sempre comportam-se da mesma maneira em um ambiente diferenciado (Duarte e Vencovsky, 1999; Ramagosa e Fox, 1993).

2.4. Análise de estabilidade do rendimento de feijão nhemba

A avaliação de estabilidade de rendimento desempenha um papel muito importante no desenvolvimento. Para Maia e Rocha (2007), o estudo da estabilidade e adaptabilidade revelam informações sobre o comportamento de cada genótipo em estudo diante das oscilações ambientais. É em virtude da avaliação de estabilidade que é feita a selecção e identificação de potenciais genótipos a serem libertos como novas variedades das plantas cultivadas em programas de melhoramento (Coco, 2013).

Para Squilass (2003), a estabilidade é a capacidade dos genótipos manterem a sua performance a um nível esperado, em todos ambientes testados. Além disso, a estabilidade de rendimento é a capacidade dos genótipos terem desempenho produtivo consistente em detrimento dos estímulo ambientais (Costa et Al., 1999). De acordo com Becker (1981) citado por Squilass (2003), existem dois tipos de estabilidade: a estática, quando o genótipo mantém o seu desempenho constante em detrimento das variações ambientais, e a dinâmica, quando o desempenho dos genótipos varia em função da mudança do ambiente porém, de maneira previsível. Por outro lado, a adaptabilidade é definida como o nível de resposta do genótipo que é favorecido pelos estímulos ambientais (Maia

e Rocha, 2007). Aliás, a adaptabilidade é a capacidade do genótipo aproveitar da melhor forma os estímulos ambientais para o seu desenvolvimento (Da Costa *et al.*, 1999).

Os genótipos produtivos em múltiplos ambientes quando mantêm os seus rendimentos estáveis, significa que sofrem menos o impacto do efeito da interação entre genótipo e o ambiente. Por outro lado, quando o genótipo é adaptado a um ambiente específico, diz-se que este possui uma adaptabilidade específica e o efeito da interação entre o genótipo e o ambiente é maior (Maia e Rocha, 2007), o conhecimento destes fenómenos pode facilitar o melhorador na recomendação das variedades.

No Brasil, Cavalcante *et al.* (2017) estudou a adaptabilidade e estabilidade de 20 genótipos de feijão nhemba em três locais distintos e em quatro épocas do ano também diferentes, e constataram que nenhum genótipo apresentou estabilidade do rendimento nos ambientes testados e que apenas duas das variedades apresentaram adaptação específica para determinados ambientes. Finlay e Wilkinson (1963), caracterizaram dois tipos de adaptabilidade, a geral e a específica. A adaptabilidade geral é quando o genótipo apresenta maiores rendimentos médios em todos os ambientes, e a específica quando o genótipo apresenta altos rendimentos a ambientes específicos estando eles particionados em ambientes favoráveis e desfavoráveis (Finlay e Wilkinson, 1963).

Em Moçambique, um estudo de avaliação de estabilidade de rendimento de feijão nhemba por Alfredo (2013), na região Sul, constatou que dos 24 genótipos testados, onde 19 genótipos foram comparados à 5 já libertados, apenas 3 genótipos foram recomendados para a produção nos locais de condução dos ensaios conduzidos.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Período e caracterização do local de condução do ensaio

As informações sobre os dados do estudo não foram colhidas primariamente pela autora do trabalho. Para responder aos objectivos propostos, usou-se dados de ensaios que foram conduzidos on-station entre Janeiro e Abril de 2017. Estes foram estabelecidos em simultâneo, em três (3) locais diferentes, nomeadamente, (1) na Estação agrária de Chókwè (EAC) no distrito de Chókwè, (2) no Centro de Formação Agrária de Maniquenique (CFAM) no distrito de Chibuto e, (3) no Posto Agronómico de Nhacoongo (PANh) no distrito de Inharrime. No ensaio foram avaliados 15 génotipos, indicados na tabela 1 abaixo. O delineamento experimental usado foi o Alfa-Latice com três repetições.

O distrito de Chókwè localiza-se ao sul da província de Gaza, entre as coordenadas geográficas: 24° 05' e 24° 48' S; 32° 33' e 33° 35' E. É um distrito caracterizado por ter um clima semi-árido, tendo uma precipitação média anual de cerca de 500-800 mm por ano, a evapotranspiração potencia de referencia é em volta de 1400-1800 mm por ano e com temperaturas médias anuais em torno de 22-26°C (MAE, 2005). A maior parte das chuvas ocorrem entre Novembro e Março, sendo que a precipitação mínima tem sido registada no mês de julho, enquanto que a máxima ocorre em janeiro (Chiulele, 2010).

Maniquenique é uma localidade que localiza-se no distrito de Chibuto ao sul da província de Gaza. O distrito de Chibuto caracterizado por apresentar precipitações baixas e irregulares com cerca de 400 á 600 mm por ano (MAE, 2005).

Nhacoongo é uma localidade localizada à (24°19'26.6" Sul e 35°12'52.2" Este). Esta localidade pertence ao distrito de Inharrime na província de Inhambane. O distrito de Inharrime é caracterizado por clima tropical seco, com precipitações médias anuais de cerca de 1500 mm por ano, o período chuvoso que compreende os meses de Outubro à Novembro sendo que ocorrem com maior a incidência em Fevereiro à Março (MAE, 2005). A zona interior do distrito apresenta solos franco arenosos e areno-argilosos, com um precipitação média anual em torno de 1000 a 1200 mm. A mesma fonte defende que o distrito enfrenta temperaturas elevadas que ocasionam escassez de água.

3.2. Material usado no ensaio e sua origem

Tabela 1: Nome e origem dos 15 genótipos avaliados quanto à estabilidade neste estudo

Nr.	Genótipo	Fonte/origem	Situação actual
1	INIA-41	IIAM	Libertada – IIAM
2	P8-32-8	UCR	Em avaliação
3	IT-1105	IITA	Em avaliação
4	CB-46	UCR	Em avaliação
5	CB-524B	UCR	Em avaliação
6	503 x P24 S/N (2)	Linha desenvolvida pelo Programa de Melhoramento de Feijão Nhemba da FAEF-UEM	Em avaliação
7	B21 x 499-13-2	Linha desenvolvida pelo Programa de Melhoramento de Feijão Nhemba da FAEF-UEM	Em avaliação
8	B21 x 2246-4	Linha desenvolvida pelo Programa de Melhoramento de Feijão Nhemba da FAEF-UEM	Em avaliação
9	2246 x 503-9-5	Linha desenvolvida pelo Programa de Melhoramento de Feijão Nhemba da FAEF-UEM	Em avaliação
10	41 x 18-9-1	Linha desenvolvida pelo Programa de Melhoramento de Feijão Nhemba da FAEF-UEM	Em avaliação
11	499 x 18-1-13	Linha desenvolvida pelo Programa de Melhoramento de Feijão Nhemba da FAEF-UEM	Em avaliação
12	B21x 2246-3-4	Linha desenvolvida pelo Programa de Melhoramento de Feijão Nhemba da FAEF-UEM	Em avaliação
13	P5-21-5	UCR	Em avaliação
14	013-40	UCR	Em avaliação
15	012-43	UCR	Em avaliação

Nota: FAEF: Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal; IIAM: Instituto de Investigação Agrária de Moçambique; IITA: Instituto Internacional de Agricultura Tropical; UCR: Universidade de Califórnia Riverside.

3.3. Dimensão das parcelas e amanhos culturais

As parcelas foram constituídas 3 linhas separadas por 0,75m entre linhas e 0,25m entre plantas. Antes da sementeira, foi feita a adubação de fundo usando o composto NPK (12-24-12) na dose de 167 kg.ha⁻¹. A sementeira foi feita obedecendo um espaçamento de 0,25m entre covachos dentro da linha, Tendo-se lançado duas sementes em cada covacho. Na EAC e CFAM o fornecimento de água à cultura foi feito pela rega por gravidade, com periodicidade de mínima de 7 dias, enquanto que no PANh o ensaio foi conduzido em sequeiro. O Passados 15 dias depois da sementeira foi feito o desbaste para evitar competição entre as plantas, removendo uma planta preferencialmente a que se apresentava , menos vigorosa. Para evitar a ocorrência de pragas mais importantes (afídeos e tripes da flor) do feijão nhemba, foi feito

o controle preventivo com aplicação de inseticidas como a Ciperimetrina, Dimetoato, e Lambda cialotrina. O controle de infestantes foi feito manualmente usando enxada.

3.4. Variáveis medidas

As variáveis medidas ao longo da condução do ensaio foram: o rendimento do grão (RG), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e peso de cem sementes (P100S). Estas variáveis foram medidas com o grão a 13% de humidade. A medição destas variáveis foi feita da seguinte forma:

Número de vagens por planta (NVP): esta variável foi medida um pouco antes da colheita, onde em cada parcela foram selecionadas aleatoriamente 5 plantas e, à posterior contado o número de vagens em cada uma delas, somados e o resultado dividido por 5.

Número de sementes por vagem (NSV): à semelhança da variável anterior, o número de sementes por vagem foi medido antes da colheita. Em cada parcela foram selecionada aleatoriamente 5 vagens. Essas vagens foram abertas e contadas as sementes contidas em cada uma delas, somadas e posteriormente dividindo o número total de sementes pelo número de vagens colhidas.

Peso de 100 sementes (P100S): essa variável foi medida depois da colheita, onde após a debulha em cada parcela, os grãos foram colocados num saco devidamente etiquetado com referência da variedade em causa. De cada saco, foram colhidas cinco amostras de cem sementes, sem reposição, e estas foram pesadas. Os pesos foram somados e divididos por cinco para obtenção de uma média de peso de cem sementes.

Rendimento do grão (Rend): chegado ao fim do ciclo da cultura, a produção de cada parcela do ensaio foi colhida na totalidade e, depois da debulha e peneira, foi pesado o grão para obtenção do rendimento por parcela. Depois disso, o rendimento obtido em cada parcela foi convertido para rendimento em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

3.5. Análise de dados

A análise dos dados colhidos no ensaio, incluiu as seguintes: Análise de variância (ANOVA), Teste de comparação de médias, Análise de correlação e Análise de estabilidade pelo método GGE Biplot. As análises foram feitas usando o R software versão 4.4.1 (Venables and Smith, 2024).

A) A ANOVA foi feita em duas etapas, na primeira procedeu-se com a análise individual do rendimento e das suas componentes em cada local, posteriormente procedeu-se com a análise conjunta apenas para a variável do rendimento. A análise conjunta dos ensaios, foi realizada com o objectivo avaliar a significância da interação entre os genótipos e os ambientes.

O modelo usado para a análise individual foi o seguinte:

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + R_j + L_k + C_l + \epsilon_{ijkl}$$

Onde:

Y_{ijk} – rendimento observado para o genótipo i , na repetição j , linha k e coluna l ;

μ – é a média geral,

G_i – o efeito do i -ésimo genótipo;

R_j – o efeito do j -ésima repetição;

L_k – o efeito da k -ésima linha e a repetição j ;

C_l – o efeito da l -ésima coluna na repetição j ;

ϵ_{ijkl} – erro experimental associado à observação Y_{ijk} , assumido como $\sim N(0, \sigma^2)$

O modelo usado para análise conjunta foi o seguinte:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + E_j + (GxE)_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} – Rendimento médio do genótipo i , no ambiente j ;

μ – Média geral; G_i – Efeito principal do genótipo i ;

E_j – Efeito principal do ambiente j ;

$(GxE)_{ij}$ – Efeito da interação do genótipo i com o ambiente j ;

ϵ_{ij} – Efeito do termo erro associado ao genótipo i no ambiente j .

B) A validação da ANOVA foi feita usando o teste de Shapiro-Wilk e de Breush-Pagan para verificar a normalidade e homogeneidade dos resíduos respectivamente (anexos 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 24, 26). Nisso testou-se os seguintes hipóteses:

- Teste de Shapiro-Wilk
 - Hipótese nula (H_0): Os dados seguem uma distribuição normal.
 - Hipótese alternativa (H_a): Os dados não seguem uma distribuição normal.
- Teste de Breush-Pagan
 - Hipótese nula (H_0): As variâncias populacionais são iguais (homogêneas).
 - Hipótese alternativa (H_a): Pelo menos uma variância é diferente (heterogênea)
- **Nota:** Nos casos em que houve violação de algum dos pressupostos acima, procedeu-se à transformação logarítmica dos dados e refez-se a ANOVA.

C) Usou-se o teste de diferenças mínimas significativas (DMS) para comparar os tratamentos em que a análise variância mostrou haver diferença significativas entre as médias dos tratamentos. Todas as análises foram feitas a um nível de significância de 5%.

D) A análise de correlação foi feita usando a correlação de Pearson (r) no R-software a um nível de significância de 5%, com o objectivo de verificar como é que as variáveis número de vagens por plantas, número de sementes por vagem e o peso de 100 sementes se relacionam e em que medida influenciam o rendimento de grão. O coeficiente de correlação assume valores entre -1 e 1, e quanto maior for o valor coeficiente, maior será o grau de associação entre as variáveis (Martins, 2014). Para a interpretação deste parâmetro iremos recorrer a classificação aponta por Dancey e Reidy (2005) citados por Filho & Júnior (2009), que referem que quando: $r = 0,10$ até $0,30$ (fraco); $r = 0,40$ até $0,6$ (moderado); $r = 0,70$ até 1 (forte).

C)A análise de estabilidade do rendimento dos genótipos foi avaliada usando o método de análise GGE biplot de acordo Yan & Hunt (2003). O método GGE biplot foi aplicado de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ij} - \bar{Y}_j = \lambda_1 \xi_{i1} n_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} n_{j2} + \varepsilon_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} - é a média de rendimento do genótipo i no ambiente j ;

\bar{Y}_j - é o rendimento médio de todos os genótipos no ambiente j ;

λ_1 e λ_2 : valores singulares da 1ª e 2ª componente principal (PC1 e PC2, respectivamente), os seus quadrados representam a soma dos quadrados explicados pela PC1 e PC2 para as duas dimensões biplot;

ξ_{i1} e ξ_{i2} : vectores do genótipo i para PC1 e PC2, respectivamente;

n_{j1} e n_{j2} : são as pontuações PC1 e PC2, respectivamente, para ambiente j , respectivamente;

ε_{ij} : erro associado ao genótipo i no ambiente j .

A visualização dos melhores e piores genótipos em cada ambiente foi feita através do polígono formado pela conexão dos pontos localizados longe da origem do biplot (Yan & Hunt, 2003). O genótipo localizado no vértice de cada sector é caracterizado como o melhor genótipo em todos ambientes contidos nesse sector e os sectores que não contêm ambientes indicam que os genótipos neles contidos são os piores em alguns ou em todos ambientes (Yan *et al.*, 2001; Yan & Hunt, 2003).

Os genótipos foram classificados com base no seu rendimento e estabilidade construindo uma linha que passam através da origem do biplot com uma ceta apontada para o sentido crescente da média de rendimento do ambiente, denominada coordenada da média ambiental (AEC). A projeção dos pontos correspondentes aos genótipos para AEC é uma aproximação boa do rendimento dos mesmos. Quanto mais distante da origem na direção crescente da AEC estiver a projeção do ponto correspondente ao genótipo, maior é o seu rendimento (Alfredo, 2013)

Perpendicularmente a AEC foi construída uma linha que passa pela origem do biplot que dá uma indicação da estabilidade dos genótipos. A projeção dos pontos correspondentes aos genótipos para linha de estabilidade dá uma indicação da estabilidade dos genótipos. Quanto mais distante, nas duas direções, estiver a projeção do ponto correspondente ao genótipo, da origem do biplot na linha de estabilidade maior é a interação do genótipo com o ambiente, e portanto, menor a sua estabilidade nos ambientes testados. Para a selecção de genótipos, um genótipo ideal é aquele que tem um alto rendimento médio e alta estabilidade, sendo que o mesmo localiza-se dentro dos círculos concêntricos (Yan e Hunt, 2003).

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultados

4.1.1. A análise de variância do rendimento e suas componentes

A análise de variância individual das variáveis rendimento e suas componentes pode ser verificada nas tabelas 2, 3 e 4. Em Chókwè tal como ilustra a tabela 2, não houve efeitos significativos (valor-p=0.17) dos genótipos no rendimento. Houve um efeito significativo dos genótipos o número de vagens por planta (valor-p=0.003), número de sementes por vagem (valor-p <0.001), e o peso de 100 sementes (valor-p <0.001).

Em Maniquenique conforme ilustra a tabela 3, houve efeitos significativos dos genótipos nas variáveis do rendimento (valor-p <0.001), número de sementes por vagem (valor-p <0.001) e o peso de 100 sementes (valor-p=0.004). E não houve um efeito significativo para o número de vagens por planta (valor-p =0.189).

Em Nhacoongo conforme ilustra a tabela 4, houve um efeito significativo dos genótipos sobre as variáveis rendimento (valor-p <0.001), o número de sementes por vagem (valor-p <0.001) e peso de 100 sementes (valor-p <0.001). Não verificou-se um efeito significativo para número de vagens por planta (valor-p=0.841).

Tabela 2: Análise de variância para o rendimento e suas componentes em Chókwè

	Probabilidade (valor-p)				
	Gl	NVP	NSV	P100S	Rend
Genótipo	14	0.003	<0.001	<0.001	0.170
Rep	2	0.405	0.163	0.875	0.250
Linha	2	0.594	0.476	0.091	0.042
Coluna	4	0.185	0.510	0.016	0.187
Resíduos	22				

Tabela 3: Análise de variância para o rendimento e suas componentes em Maniquenique

	Probabilidade (valor-p)				
	Gl	NVP	NSV	P100S	Rend
Genótipo	14	0.189	<0.001	0.004	<0.001
Rep	2	0.737	0.958	0.314	0.393
Linha	2	0.754	0.961	0.699	0.361
Coluna	4	0.797	0.766	0.474	<0.001
Resíduos	22				

Tabela 4: Análise de variância para o rendimento e suas componentes em Nhacoongo

	Probabilidade (valor-p)				
	GI	NVP	NSV	P100S	Rend
Genótipo	14	0.841	<0.001	<0.001	<0.001
Rep	2	0.145	0.689	<0.001	0.103
Linha	2	0.948	0.011	0.413	0.423
Coluna	4	<0.001	0.098	0.087	0.082
Resíduos	22				

4.1.2. Rendimento do grão

Os resultados das médias do rendimento em Chókwè, Maniquenique e Nhacoongo podem ser encontrados na tabela 6. Em Chókwè o rendimento médio dos genótipos foi de 1504, com uma variação entre 991 e 1967 kg.ha⁻¹, tendo o genótipo B21 x 2246-4 obtido o rendimento mais baixo. Na avaliação feitas neste ambiente, foi possível verificar que o coeficiente de variação foi alto porém, os rendimentos de todos os genótipos testados não diferiram estatisticamente entre si neste ambiente.

Em Maniquenique o rendimento médio registado foi de 1963 kg.ha⁻¹ variando entre 990 kg.ha⁻¹ e 2763 kg.ha⁻¹. Neste ambiente, os genótipos 2246 x 503-9-5, 499 x 18-1-13, INIA-41, IT-1105, 41x18-9-1 e 503 x P24 S/N (2), não diferiram significativamente entre si e apresentaram produtividade elevada, com rendimentos acima de 2100 kg.ha⁻¹, enquanto os genótipos CB-524B, B21x2246-4, B21x2246-3-4, 012-43 e B21x499-13-2, foram classificados como os de menor performance com menos 1500 kg.ha⁻¹.

Em Nhacoongo o rendimento médio registado foi de 1331 kg.ha⁻¹, variando entre 879 kg.ha⁻¹ e 2065 kg.ha⁻¹. Os genótipos 41x18-9-1, 499 x 18-1-13, IT-1105 e 2246 x 503-9-5, não diferiram significativamente entre si estatisticamente e foram os genótipos mais produtivos com rendimentos acima de 1800 kg.ha⁻¹, esses genótipos apresentaram uma performance melhor que a do genótipo controlo INIA-41, porém o mesmo esteve ligeiramente acima da média ambiental para a variável do rendimento. Os genótipos B21 x 2246-4, 012-43, CB-524B, P8-32-8, P5-21-5, B21 x 2246-3-4, B21 x 499-13-2 e 013-40 tiveram rendimentos baixos que situaram-se abaixo 1200 kg.ha⁻¹.

4.1.3. Número de vagens por planta

Os resultados da média do número de vagens por planta em Chókwè, Maniquenique e Nhacoongo podem ser encontrados na tabela 5.

Em Chókwe o número médio de vagens por planta foi de 30 vagens por planta e variou entre 10 e 48 vagens por planta. Os genótipos 013-40, B21 x 2246-4, P8-32-8, 012-43, CB-524B e P5-21-5, apresentaram a maior performance e produziram acima de 34 vagens por planta, enquanto os genótipos IT-1105, 2246 x 503-9-5, 499 x 18-1-13 e 41 x 18-9-1, juntamente com o genótipo controlo INIA-41 foram os que apresentaram a menor performance entre todos os genótipos, com uma média inferior a 23 vagens por planta.

Em Maniquenique foi registada uma média de 25 vagens por planta, com variação de 17 a 35 vagens por planta e, sem diferença significativa entre os genótipos. Na avaliação feita neste ambiente, foi possível verificar que o coeficiente de variação foi alto.

Em Nhacoongo o número médio de vagens por planta foi de 35, com uma variação de 24 a 44 vagens por planta. Todos os genótipos testados não diferiram significativamente entre si e na avaliação feita neste ambiente, foi possível verificar que o coeficiente de variação foi alto.

4.1.4. Número de sementes por vagem

Os resultados da média do número de sementes por vagens em Chókwe, Maniquenique e Nhacoongo podem ser encontrados na tabela 5.

Em Chókwe o número médio de sementes por vagens obtido foi de 12, com uma variação de 9 a 18 sementes por vagem. O genótipo controlo INIA-41 foi o que apresentou o maior número, com 18 sementes por vagens. Os genótipos IT-1105, 2246X503-9-5, 499X18-1-13 e B21 x 2246-4 também apresentaram uma boa performance tendo acima de 13 sementes por vagens. Por outro lado os genótipos CB-46, B21 x 499-13-2, CB-524B, 013-40, P8-32-8 e 012-43 foram os de menor performance, ao registarem menos de 11 sementes por vagens, no entanto o genótipo P8-32-8 foi estatisticamente similar ao genótipo 503 x P24 S/N (2) que apresentou um número de sementes maior que o da média ambiental.

Em Maniquenique foi registada uma média de 10 sementes por vagens, com uma variação de 6 a 14 sementes por vagem. Os genótipos 499 x 18-1-13, IT-1105, INIA-41, 2246 x 503-9-5, 41 x 18-9-1 e 503 x P24 S/N (2), não diferem estatisticamente e apresentaram a maior performance ao registarem mais de 10 sementes por vagens. O genótipo CB-542B foi o que apresentou a performance mais baixa com cerca de 6 sementes por vagens e não diferiu estatisticamente dos B21x 2246-3-4, P5-21-5, P8-32-8, 013-40, B21 x 499-13-2, 012-43, no entanto apesar de não diferirem dos genótipo que teve uma performance baixa, estes genótipos foram estatisticamente

iguais aos genótipos B21 x 2246-4 e CB-46 que possuem uma performance em torno da média ambiental (10) sementes por vagens.

Em Nhaoongo, a média registada foi de 10 sementes por vagem, que variou entre 6 e 15 vagens por planta. Os genótipos IT-1105, 2246 x 503-9-5, INIA-41 e 41 x 18-9-1 apresentaram a maior performance e produziram mais de 14 sementes por vagem, ao passo que os genótipos 013-40, P8-32-8, 012-43, CB-524B, P5-21-5 e CB-46, apresentaram a menor performance, registando média inferior a 9 sementes por vagem.

4.1.5. Peso de 100 sementes

Em Chókwè, a média do peso de 100 sementes foi de 22 g e variou entre 12 e 26 g. Os genótipos 41x18-9-1, 012-43, 013-40, INIA-41, B21 x 499-13-2 e P8-32-8, não diferiram significativamente entre si e apresentaram um peso médio de sementes acima de 25 g. Por outro lado os genótipos IT-1105 e B21x2246-4 apresentaram a menor performance na componente de peso de 100 sementes neste ambiente, com um peso inferior a de 16 g.

Em Maniquenique, a média do peso de 100 sementes foi de 23g e variou entre 16 e 27 g. Os genótipos 012-43, 41 x 18-9-1, 499 x 18-1-13, B21 x 499-13-2, CB-524B, 2246 x 503-9-5, INIA-41, CB-46, 013-40, 503 x P24 S/N (2), P8-32-8 e P5-21-5, não diferiram estatisticamente e apresentaram um peso médio de 100 sementes acima de 21 g e os genótipos B21 x 2246-4 e IT-1105 tiveram a pior performance cujo peso de 100 sementes é de cerca de 16g.

Em Nhacoongo, a média do peso de 100 sementes foi de 24 g e variou entre 15 e 31 g. Os genótipos 41 x 18-9-1, 012-43, INIA-41, B21 x 499-13-2 e 013-40, não diferiram significativamente e apresentaram um peso médio de 100 sementes acima de 26g. Os genótipos 503 x P24 S/N (2), B21 x 2246-4 e IT-1105 registaram o menor peso de 100 sementes, de cerca de 16g.

Tabela 5 Número de vagens por planta, número de sementes por vagemde 15 genótipos medidos em Chókwè, Maniquenique e Nhacoongo

Genótipo	NVP			NSV		
	Chókwè	Maniquenique	Nhacoongo	Chókwè	Maniquenique	Nhacoongo
INIA-41	10 f	17	32	18 a	13 a	15 A
P8-32-8	39 ab	25	32	9 g	8 ef	7 Fg
IT-1105	22 cdef	27	40	15 b	14 a	15 A
CB-46	31 bcd	26	37	10 fg	10 bcde	8 Ef
CB-524B	38 ab	20	34	10 fg	6 f	8 Efg
503 x P24 S/N (2)	27 bcde	27	34	13 cd	11 abc	11 Cd
B21 x 499-13-2	29 bcde	23	31	10 fg	7 ef	8 Efg
B21 x 2246-4	48 a	27	44	14 bc	10 bcde	9 De
2246 x 503-9-5	19 def	25	37	15 b	12 ab	15 A
41 x 18-9-1	10 f	18	30	13 cde	11 abcd	14 Ab
499 x 18-1-13	16 ef	26	24	15 bc	14 a	13 Bc
B21x 2246-3-4	33 bc	20	30	11 efg	9 cdef	9 Ef
P5-21-5	35 abc	35	39	11 def	9 cdef	8 Efg
013-40	48 a	33	35	9 g	8 def	6 G
012-43	39 ab	30	39	9 g	7 ef	7 Fg
Média	30	25	35	12	10	10
CV	28.85	28.24	8.49	10.33	16.42	10.87
DMS	13.44	NS	NS	2.1	2.75	1.87

Nota: NVP- número de vagens por planta; NSV- número de sementes por vagens

Tabela 6. Peso de 100 sementes (g) e rendimento do grão (kg.ha⁻¹) de 15 genótipos medidos em Chókwè, Maniquenique e Nhacoongo

Genótipo	P100S			Rend		
	Chókwè	Maniquenique	Nhacoongo	Chókwè	Maniquenique	Nhacoongo
INIA-41	25 A	25 ab	29 ab	1804	2674 ab	1380 Cd
P8-32-8	25 A	23 ab	24 cde	1240	1693 def	951 Ef
IT-1105	12 F	16 c	15 f	1524	2665 ab	1989 Ab
CB-46	20 D	23 ab	25 cde	1421	1985 de	1628 Bc
CB-524B	23 bc	25 ab	24 de	1510	1051 g	969 Def
503 x P24 S/N (2)	19 D	23 ab	18 f	1429	2136 bdc	1328 Cde
B21 x 499-13-2	25 A	25 ab	27 bcd	1779	1330 fg	879 F
B21 x 2246-4	15 E	16 c	16 f	991	990 g	1184 Def
2246 x 503-9-5	21 cd	25 ab	25 cde	1812	2763 a	1898 Ab
41 x 18-9-1	26 A	26 a	31 a	1878	2644 abc	2065 A
499 x 18-1-13	23 bc	25 ab	24 cde	1967	2748 ab	1992 Ab
B21x 2246-3-4	22 cd	21 bc	23 e	1080	1471 efg	911 F
P5-21-5	22 cd	22 ab	22 e	1253	2076 cd	943 Ef
013-40	25 ab	23 ab	27 abc	1422	1779 def	869 F
012-43	25 ab	27 a	30 ab	1445	1444 efg	983 Def
Média	22	23	24	1504	1963	1331
CV	6.69	13.32	8.37	27.14	17.49	18.42
DMS	2.48	5.16	3.39	NS	581.82	415.19

Nota: P100S- peso de 100 sementes; Rend.- Rendimento de grãos em kg.ha⁻¹

4.1.6. Correlação entre o rendimento do grão e suas componentes

Os resultados da análise de correlação separada por ambiente, entre o rendimento do grão, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes dos 15 genótipos de feijão nhemba são apresentados nas tabelas 7, 8 e 9.

Em Chókwè como pode-se verificar na tabela 7, houve uma correlação moderada negativa e significativa, entre o número de vagens por planta e o rendimento do grão e entre o número de vagens por planta e o número de sementes por vagens. Em Maniquenique houve uma correlação moderada positiva e significativa entre o número de sementes por vagem e o rendimento do grão (tabela 8). Em Nhacoongo houve uma correlação forte positiva e significativa entre o número de sementes por vagens e o rendimento do grão.

Tabela 7 Análise de correlação entre rendimento médio (kg.ha⁻¹), número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes dos genótipos avaliados em Chókwè

	Rend	NVP	NSV	P100S
Rend	1.0000			
NVP	-0.4196*	1.0000		
NSV	0.2429	-0.5756*	1.0000	
P100S	0.2272	-0.1137	-0.3194	1.0000

Tabela 8 Análise de correlação entre rendimento médio (kg.ha⁻¹), número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes dos genótipos avaliados em Maniquenique

	Rend	NVP	NSV	P100S
Rend	1.0000			
NVP	0.0551	1.0000		
NSV	0.6761*	0.0292	1.0000	
P100S	0.1227	0.0211	-0.1173	1.0000

Tabela 9 Análise de correlação entre rendimento médio (kg.ha⁻¹), número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes dos genótipos avaliados em Nhacoongo

	Rend	NVP	NSV	P100S
Rend	1.0000			
NVP	0.1314	1.0000		
NSV	0.7271*	0.0270	1.0000	
P100S	-0.1662	-0.2658	-0.1011	1.0000

4.1.7. Análise de interação entre o genótipo e o ambiente

A tabela 10 mostra os resultados de análise conjunta dos componentes de variância usando modelo linear para rendimento do grão. Os resultados indicam que a interação entre genótipo e ambiente foi significativa (valor-p <0.008). A significância da interação entre o genótipo e ambiente indica que o ambiente influencia a resposta dos Genótipos. De forma semelhante, tanto o genótipo (<0.001) quanto o ambiente (valor-p <0.001) apresentaram efeitos significativos, o que sugere que o genótipo e o ambiente exercem uma certa influencia no rendimento do grão. Os rendimentos de cada genótipo reactivamente a produtividade geral do ensaio estão apresentados na tabela 11.

Tabela 10. Análise de variância conjunta do rendimento de grão de 15 genótipos de feijão nhemba avaliados em diferentes ambientes

	Gl	Sum sq	Mean sq	F value	Pr(>F)
Genótipo	14	21955604	1568257	11.961	<0.001
Rep	2	914874	457437	3.489	0.035
Ambiente	2	9612509	4806254	36.656	<0.001
Linha	2	844603	422301	3.221	0.045
Col	4	3003322	750831	5.726	0.000
GenotipoxAmbiente	28	7408433	264587	2.018	0.008
Resíduos	82	10751619	131117		

A tabela 11 ilustra o rendimento médio de cada genótipo por ambiente e a média geral. A média geral de rendimento do grão foi 1599 kg.ha⁻¹, com uma variação em que o maior rendimento médio foi observado em Maniquenique 1963 kg.ha⁻¹ e o menor em Nhacoongo 1331 kg.ha⁻¹. Os genótipos 2246 x 503-9-5, 41 x 18-9-1 e 499 x 18-1-13, foram os que apresentaram um rendimento acima da média geral em todos os ambientes, não obstante o genótipo controlo INIA- 41, juntamente com os genótipos IT-1105, CB-46 e 503 x P24 S/N (2) apresentaram uma performance superior a média geral (Tabela 11).

Tabela 11: Rendimento médio (kg.ha⁻¹) de 15 genótipos de feijão nhemba avaliados em 3 ambientes, em Chókwè, Maniquenique e Nhacoongo

Genótipo	Rendimento			Média
	Chókwè	Maniquenique	Nhacoongo	
INIA-41	1804	2674	1380	1953
P8-32-8	1240	1693	951	1295
IT-1105	1524	2665	1989	2059
CB-46	1421	1985	1628	1678
CB-524B	1510	1051	969	1177
503 x P24 S/N (2)	1429	2136	1328	1631
B21 x 499-13-2	1779	1330	879	1330
B21 x 2246-4	991	990	1184	1055
2246 x 503-9-5	1812	2763	1898	2158
41 x 18-9-1	1878	2644	2065	2196
499 x 18-1-13	1967	2748	1992	2236
B21x 2246-3-4	1080	1471	911	1154
P5-21-5	1253	2076	943	1424
013-40	1422	1779	869	1356
012-43	1445	1444	983	1291
Média	1504	1963	1331	1599

A figura 1, apresenta a variação do rendimento dos genótipos em Chókwè, Maniquenique e Nhacoongo, a figura é uma representação gráfica que permite visualizar a interação entre os genótipos e os ambientes. Na figura 1 as linhas que representam os genótipos se cruzam frequentemente entre os ambientes Chókwè, Maniquenique, Nhacoongo e isso indica que o desempenho dos genótipos não é consistente. Portanto, podemos observar claramente que estamos perante a ocorrência de uma interação qualitativa, que decorre quando os genótipos mudam de posição ou classificação em termos de desempenho em diferentes ambientes (Squilass, 2003).

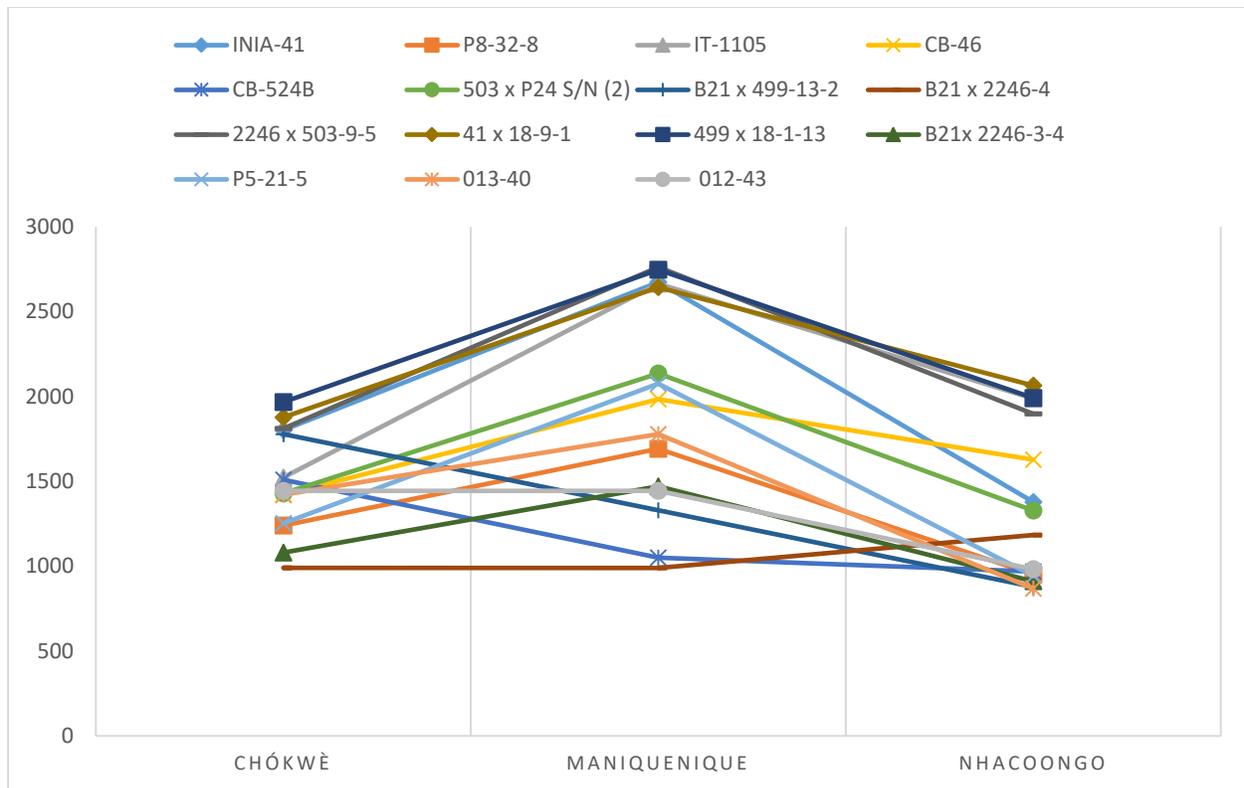


Figura 1: Interação entre o genótipo e o ambiente : Rendimento dos 15 genótipo nos três ambientes (Chókwè, Maniquenique e Nhacoongo)

4.1.8. Análise de estabilidade do rendimento dos genótipos de feijão nhemba usando GGE biplot

A figura 2 (abaixo) mostra a proporção da variação observada que é explicada pelo modelo, os melhores genótipos e os ambientes onde tiveram melhor desempenho. As duas primeiras componentes principais (PC1 e PC2) explicaram em conjunto 93.55% da variação total devido ao genótipo e a interação entre o genótipo e ambiente. A componente principal 1 explicou 85.74% da variação enquanto a componente principal 2 explicou apenas 7.81% da variação. Os genótipos 41x18-9-1 e 499x18-1-13 foram os que tiveram melhor desempenho em Nhacoongo, enquanto o genótipo 2246 x 503-9-5 foi o melhor em Chókwè e Maniquenique. Os genótipos INIA-41, P5-21-5, 013-40, B21x2246-3-4, CB-524B e B21x2246-4 foram os piores em alguns ou todos ambientes porque estiveram localizados nos vértices do polígono nas secções sem ambientes.

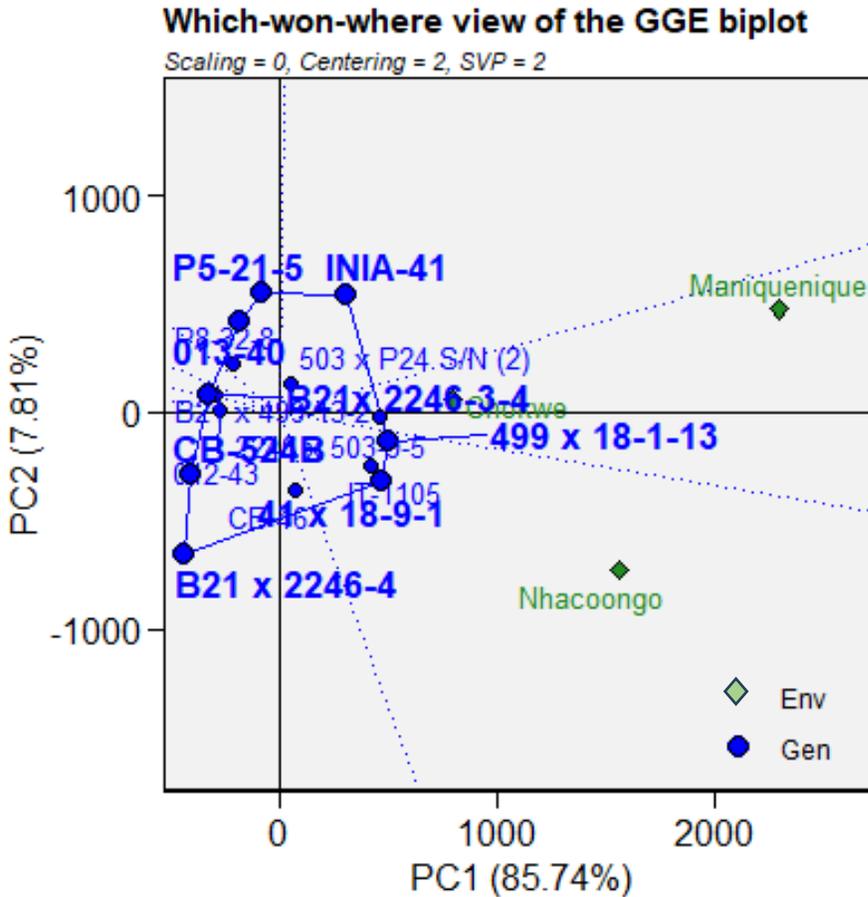


Figura 2 Genótipos com melhor e pior desempenho nos diferentes ambientes avaliados

A classificação dos 15 genótipos de feijão nhemba em relação ao rendimento médio do ensaio e estabilidade é apresentada na figura 3. A linha que passa através da origem do biplot representa a coordenada da média ambiental (AEC) e é definida pela média dos pontos de PC1 e PC2 de todos os ambientes (Yan e Kang, 2003, citados por Alfredo, 2013). Neste biplot, a projeção dos pontos correspondentes aos genótipos na AEC é uma boa aproximação do rendimento do genótipo. Quanto mais distante da origem, na AEC, estiver a projeção correspondente ao genótipo maior é o rendimento do genótipo. Por outro lado, a linha que passa pela origem do biplot e é perpendicular ao AEC representa a estabilidade dos genótipos. Quanto maior for o vector do genótipo a partir da AEC, nas duas direções, maior a interação do genótipo com o ambiente e, por conseguinte, menor estabilidade.

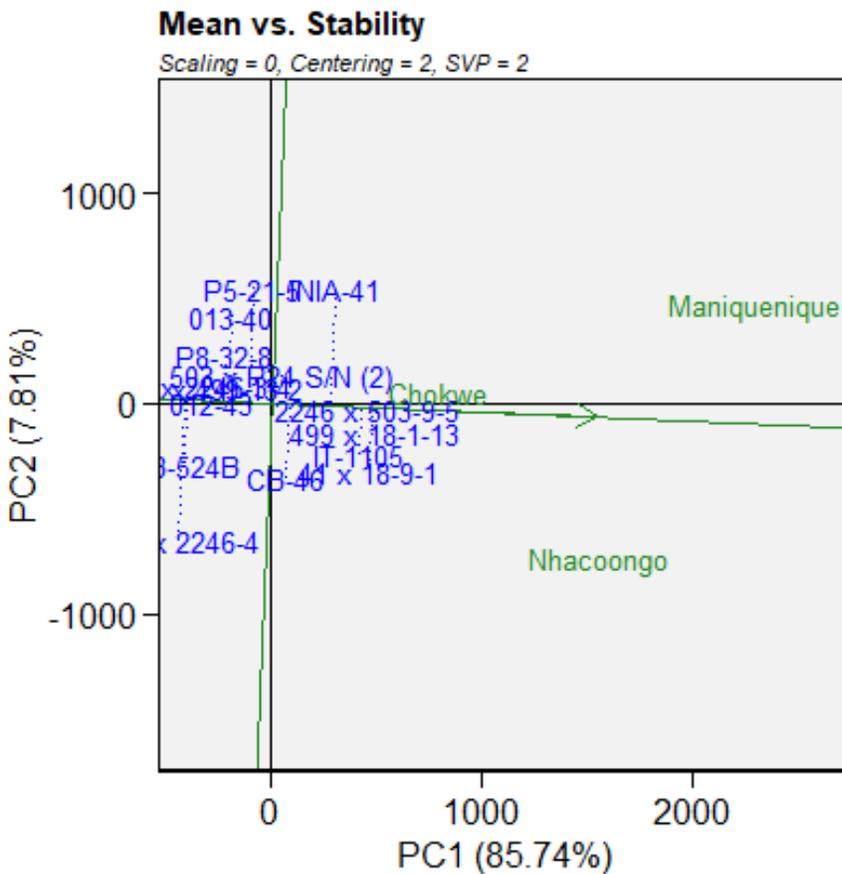


Figura 3. Ordenamento do rendimento e estabilidade dos 15 genótipos através do método GGE biplot.

De acordo com a figura 4, os genótipos localizados à direita da linha perpendicular ao eixo da AEC possuem rendimento acima da média geral (1599 kg.ha⁻¹) enquanto os localizados à esquerda, possuem rendimento abaixo da média geral (Yan e Tinker, 2006, citados por Alfredo, 2013). Assim, os genótipos com rendimentos acima da média geral do ensaio em ordem decrescente são: 499x18-1-13, 41x18-9-1, 2246x503-9-5, IT-1105, INIA-41, CB-46 e 503XP24S/N(2). No ranking dos genótipos com rendimento abaixo da média geral do ensaio, o P5-21-5 foi o que registou o rendimento mais elevado e B21x2246-4 foi o que registou o rendimento mais baixo.

Quanto à estabilidade, os genótipos com alta estabilidade e rendimento acima da média foram 499x18-1-13, 41x18-9-1, 2246x503-9-5, IT-1105, CB-46, 503XP24S/N(2), por outra os genótipos 012-43, B21x2246-3, B21 x 499-13-2, P8-32-8 e CB-524B, mostraram uma estabilidade alta mas

rendimento abaixo da média. Os genótipo INIA-41 foi instável, mas com rendimento acima da média. Por outra, os genótipos B21x2246-4, P5-21-5 e 013-40 foram os menos estáveis e com rendimentos abaixo da média. Para a selecção de genótipos, um genótipo ideal é aquele que tem um alto rendimento médio e alta estabilidade, sendo que os mesmo localiza-se dentro dos círculos concêntricos (Yan e Hunt, 2003). Na figura 4, esse genótipo estaria localizado no centro do círculo concêntrico. De acordo com a figura 4, os genótipos 2246 x 503-9-5, 499x18-1-13, 41x18-9-1 e IT-1105 seriam os ideais.

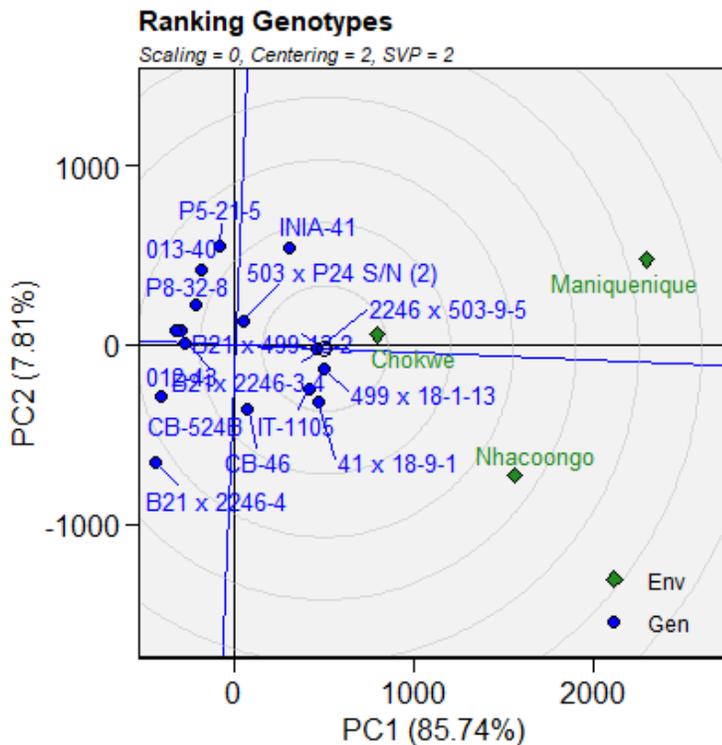


Figura 4. Classificação dos 15 genótipos de feijão nhemba relativamente ao genótipo ideal.

4.2. Discussão

A média ambiental do rendimento de grãos dos genótipos em Chókwe foi de 1504 kg.ha⁻¹, em Maniquenique foi de 1963 kg.ha⁻¹ e em Nhacoongo foi de 1331 kg.ha⁻¹, a média geral foi 1599 kg.ha⁻¹. Todos os genótipos avaliados neste estudo apresentaram rendimentos acima da média nacional, que é de 420 kg.ha⁻¹ (MADER, 2024), não obstante, as médias observadas neste estudo encontram-se num intervalo relatado pelo estudo de (Silva *et al.*,2018). Neste estudo verificou-se ausência de diferenças significativas no rendimento entre os genótipos em chókwe, esta

observação e também consistente com o estudo de Oliveira *et al.* (2009), que também não observaram diferenças significativas em estudo de avaliação de desempenho de cerca de 17 genótipos de feijão nhemba.

A correlação entre o rendimento e as suas componentes foi variável nos diferentes ambientes, sendo que em Chókwe houve uma correlação moderada negativa e significativa entre o rendimento e NVP e entre NVP e NVP, em Maniquenique e Nhacoongo observou-se uma correlação positiva e significativa entre o rendimento e o NSV, com intensidade moderada em Maniquenique e forte em Nhacoongo, portanto essa variação foi causada pela diferença entre os ambientes de teste. Segundo Alfredo (2013), quando a correlação é variável dum local para o outro, isso indica que a correlação entre o rendimento e as suas componentes é influenciada pelo ambiente onde os genótipos são testados, Barili *et al.*, 2011 afirmam que a correlação possui causas genéticas e ambientais. A variabilidade na correlação entre o rendimento e suas componentes é um factor esperado, uma vez que o rendimento e suas componentes são geralmente características controladas por genes de herança quantitativa (Alfredo, 2013) e as características quantitativas tem maior susceptibilidade de apresentar diferentes expressões fenóticas (Ramalho *et al.*, 2012).

A análise de correlação entre o rendimento e as suas componentes mostrou que o número de sementes por vagem e o peso de 100 sementes foram os factores que mais contribuíram para o rendimento do grão nos diferentes ambientes, os genótipos como IT-1105, 2246 x 503-9-5 e 499 x 18-1-13 destacaram-se por associarem altos valores nessas componentes a maiores produtividades. Esses resultados não surpreendem pois Ramos *et al.* (2005) em seu estudo, concluiu que o peso de cem sementes e o número de sementes por vagens são os componentes de maior influência na produtividade de grãos de variedades de feijão.

Deste estudo foram identificados quatro (4) genótipos de alto rendimento potencial, com produtividade superior a do genótipo liberado INIA-41 que teve um rendimento médio de 1953 kg.ha⁻¹. Estes genótipos são IT-1105, 2246 x 503-9-5, 41 x 18-9-1 e 499 x 18-1-13. Os altos rendimentos observados no geral, podem ser explicados pelo potencial genotípico, aliado aos tratos culturais que incluem o controlo das infestantes na área de produção e outras boas condições de gestão cultural nomeadamente uso de insumos como pesticidas e fertilizantes químicos (Oliveira *et al.*, 2019; Júnior *et al.*, 2002). A produtividade destes genótipos não foi significativamente

diferente do genótipo libertado INIA-41 em pelo menos dois ambientes Chókwè e em Maniquenique.

Em relação a análise conjunta constatou-se que houve um efeito significativo da interação entre o genótipo e ambiente ($p < 0.001$), o que responde a suposição de existência de interação entre os genótipos e o ambientes. A variação total explicada pelas duas componentes principais PC1 (85.74%) e PC2 (7.81%) devida ao genótipo e interação entre genótipo e ambiente foi elevada (93.55%) indicando que os resultados obtidos dos biplots são adequados para análise (Yang *et al.*, 2001)

O método GGE biplot permitiu identificar os melhores e piores genótipos por ambiente. Os genótipos 41x18-9-1 e 499x18-1-13 foram melhores em Nhacoongo e o genótipo 2246 x 503-9-5 foi o melhor em chókwè e Maniquenique (Figura 2). Estes resultados sugerem que os genótipos possuem adaptação específica para os ambientes citados e podem ser recomendados exclusivamente para produção nestes locais em que foram categorizados como melhores. Os genótipos INIA-41, P5-21-5, 013-40, B21x2246-3-4, CB-524B e B21x2246-4 foram os piores em alguns ou todos ambientes (Figura 2). Os genótipos que foram piores, só podem ser usados em programas de melhoramento de modo a resgatar características interessantes, caso as tenham.

A estabilidade foi diversificada dentro de cada grupo. Seis entre os genótipos mais produtivos e cinco entre os genótipos menos produtivos exibiram estabilidade. Entre os mais produtivos estiveram os genótipos introduzidos 499x18-1-13, 41x18-9-1, 2246x503-9-5, IT-1105, CB-46, 503XP24S/N(2), sendo que entre os menos produtivos estiveram os genótipos introduzido 012-43, B21x2246-3, B21 x 499-13-2, P8-32-8 e CB-524B. O genótipo libertado (INIA-41) com rendimento acima da média geral não mostrou estabilidade (Figura 4). A instabilidade do genótipo INIA-41 (libertado), já havia sido reportada por Alfredo (2013).

O método GGE biplot permitiu a identificação do genótipo ideal para selecção nos ambientes testados. Que segundo Yan & Hunt (2003), um genótipo ideal é aquele que tem um alto rendimento médio e alta estabilidade, sendo que os mesmo localiza-se dentro dos círculos concêntricos. No presente estudo, o genótipo que reuniu esses requisitos foi o 2246 x 503-9-5, no entanto Yan & Hunt (2003), referem ainda, que ainda pode-se seleccionar genótipos desejáveis desde que estes estejam próximos ao genótipo ideal. No presente estudo, embora o genótipo 2246 x 503-9-5 tenha sido identificado como ideal, pode-se propor igualmente à libertação os genótipos 499x18-1-13, 41x18-9-1 e IT-1105, devido à sua proximidade ao genótipo ideal e a elevada produtividade destes.

V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

Deste estudo foram identificados quatro (4) genótipos de alto rendimento potencial, com produtividade superior a do genótipo liberado INIA-41 que teve um rendimento médio de 1953 kg.ha⁻¹, estes genótipos foram IT-1105, 2246 x 503-9-5, 41 x 18-9-1 e 499 x 18-1-13.

A análise das componentes de rendimento dos 15 genótipos de feijão nhemba mostrou que o número de sementes por vagem e o peso de 100 sementes foram os factores que mais contribuíram para o rendimento do grão nos diferentes ambientes, os genótipos como IT-1105, 2246 x 503-9-5 e 499 x 18-1-13 destacaram-se por associarem altos valores nessas componentes a maiores produtividades.

Houve interação qualitativa entre o genótipo e o ambiente, o que causou variação no desempenho dos genótipos em Chókwè, Maniquenique e Nhacoongo. A estabilidade foi verificada em duas vertentes com rendimentos acima e abaixo da média. Os genótipos com alta estabilidade e rendimento acima da média foram 499x18-1-13, 41x18-9-1, 2246x503-9-5, IT-1105, CB-46, 503XP24S/N(2), e os genótipos com alta estabilidade mas rendimento abaixo da média foram 012-43, B21x2246-3, B21 x 499-13-2, P8-32-8 e CB-524B. No entanto para a libertação os genótipo 2246x503-9-5, 499x18-1-13, 41x18-9-1 e IT-1105, são os mais aconselháveis.

5.2. Recomendações

- Repetir os ensaios nos ambientes em que foram conduzidos os ensaios para aferir a consistência dos resultados;
- Fazer ensaios noutras zonas agroecológicas de Moçambique para identificar mais locais para a produção dos genótipos avaliados;
- Recomenda-se os genótipos 2246 x 503-9-5 499x18-1-13, 41x18-9-1 e IT-1105, como candidatos à libertação;
- Aumentar o número de repetições tratando-se de um efeito de pequena magnitude a ser detectado, é necessário que o número de repetições seja considerável para aumentar o poder estatístico do teste.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfredo, J. A. 2013. Avaliação do Desempenho de Genótipos de Feijão Nhemba (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e Estabilidade de Rendimento do Grão na região Sul de Moçambique. (Dissertação de Mestrado), UEM-Maputo.
- Almeida, A. S.; Marques, P.; Jordão, A., Silva, C., Coutinho, J., Palha, L. Maçãs, B. 2021. Melhoramento genético do arroz em Portugal: principais resultados das actividades desenvolvidas em 2020. [s.l.; s.ed].
- Bowman, J. C. 1972. Genotypy x Environment Interactions. University of Reading, Great Britain. Pag. 117. Disponível em: <https://gsejournal.biomedcentral.com/counter/pdf/10.1186/1297-9686-4-1-117.pdf> .
- Cavalcante, R. R.; Sousa, T. I. L.; Costa, P. F.; Nascimento, I. R. ; Silva, K. J.D. 2017. Adaptabilidade e estabilidade do Feijao-caupi no Estado de Tocantins. Brasil- Teresina. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1088266/1/CaupiRodrigo2017.pdf>;
- Chiulele, R.M. 2010. Breeding cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) for improved drought tolerance in Mozambique. (Tese de Doutorado em melhoramento de plantas). Univerividade KwaZulu-Natal, República da África do Sul.
- Coco, J. A. C. (2013). Adaptabilidade e estabilidade de produção de trigo mole- interação Genótipo x Ambiente. (Dissertação de Mestrado). ISP-Elvas. Pp. 15-18.
- Corrêa, L.A. 2023. Ciências Exatas e Suas Tecnologias. Paraná. Brazilian Journals Editora. Pp. 3. Vol. 01. Disponível em: https://www.brazilianjournals.com.br/assets/ebooks/v52EysB3649mTU18aw0gcb92JAI5Nz9P.pdf?utm_source=chatgpt.com . Acessado em: 28/02/2025
- Da Costa, J. G.; Marinho, J.T.S; Pereira, R.S.A; Ledo, F.J.; Moraes, R.N.S. 1999. Adaptabilidade e Estabilidade da produção de cultivares de Milho recomendadas para o Estado de Acre. Pág. 7.
- De Oliveira, A. P., Da Silva, J.A., Lopes, E. B., Silva, E. E., Araújo, L. E. A. 2009. Rendimento produtivo e econômico do feijão-caupi em função de doses de potássio. Ciênc. Agrotec., Lavras, v. 2 (33): 629-632. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cagro/a/FZ8WnPXXzhPxMryDDCpXJpp/?format=pdf&lang=pt>
Acessado em 05/12/2024;

Dias, C.T.S.; Hongyu, K.; Araújo, L.B.; Silva, M.J.C.; Peña, M.J.; Araújo, M.F.C.; Rodrigues, P.C.; Faria, P.N.; Alarcón, S.A. 2014. A Metodologia AMMI: com aplicação ao melhoramento genético. Piracicaba.

Duarte, J. B. & Vencovsky, R. 1999. Interação Genótipo x Ambiente- uma introdução a análise “AMMI”. São Paulo. SBGRP.

FAOSTAT. (2025). Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acessado em 28/02/2025

Filho, D. B. F.; Júnior, J. A. Da. S. 2009. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). Revista Política Hoje, 1 (18). Disponível em: https://dirin.s3.amazonaws.com/drive_materias/1666287394.pdf

Finlay, K.W.; Wilkinson G. N. 1963. The Analysis of Adaptation in a Plant-Breeding Programme. Aust.J.Agric. Res. 14: 742-754

Frota, K. M. G., Soares, R. A.M., Arêas, J. A. G. 2008. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. São Paulo – SP, Brasil. Food Science and Technology . Disponível em : <https://www.scielo.br/j/cta/a/PDdWzpYBjDPFsd5CPq93q6p/?format=pdf&lang=pt> .Acessado em 25/09/2024

Hongry, K.; Silva, F. L., s.d. Modelo De Interação Genótipo × Ambiente Para Dados De Ensaio Multiambientais. Brasil. Pp.147. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Kuang-Hongyu2/publication/321774001_MODELO_DE_INTERACAO_GENOTIPO_AMBIENTE_PARA_DADOS_DE_ENSAIOS_MULTIAMBIENTAIS/links/5b801a1592851c1e122f421d/MODELO-DE-INTERACAO-GENOTIPO-AMBIENTE-PARA-DADOS-DE-ENSAIOS-MULTIAMBIENTAIS.pdf Acessado em : 28/02/2025

IIAM. (2006). Estabelecimento de Prioridades para a Investigação Agrária no Sector Público em Moçambique Baseado nos Dados do Trabalho de Inquérito Agrícola (TIA). Pp. 55-56. Disponível em: https://sarpn.org/documents/d0002669/Agric_research_Mozambique_Port_Aug2006.pdf.

- Junior, A. S. A., Dos Santos, A. A., Sobrinho, C. A., Baxto, E. A., Melo, F. B., Viana, F. M. P. (2002). Sistemas de produção- Cultivo de Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Embrapa-Teresina. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/80707/1/sistemaproducao-2.PDF>.
- Lin, C. S.; Binns, M. R. 1988. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Can. J. Plant Sci.* 68: 193-198;
- MADER. 2021. Inquérito Agrário Integrado 2020. Pp. 18
- MADER. 2023. Informação Semanal de Mercados Agrícolas no País, Região e Mundo Publicação do Sistema de Informação de Mercados Agrícolas (SIMA). Disponível em : <https://www.agricultura.gov.mz/wp-content/uploads/2023/08/Informacao-Semanal-de-Mercados-Agrarios-17-a-23-de-Julho-de-2023-QQ-1462.pdf>, acessado em 25/09/2024
- MADER. 2024. Guia De Comercialização do Feijão Nhemba em Moçambique. Pp. 13.
- MADER. 2024. Inquérito Integrado Agrário-2023. Disponível em: <https://www.agricultura.gov.mz/wp-content/uploads/2024/09/Inquerito-Agrario-Integrado-IAI-2023.pdf>. Acessado em 02/12/2024
- MAE. 2005. Perfil do Distrito do Chibuto Província de Gaza. Disponível em:
- MAE. 2005. Perfil do distrito do Chókwè Província de Gaza. Disponível em:
- MAE. 2005. Perfil do Distrito do Inharrime Província de Inhambane. Disponível em:
- Maia, M. C.C.; Rocha, M. M. 2007. Interação Genótipo por Ambiente: problema ou oportunidade para o melhoramento genético?. Embrapa-Brasil.
- Martins, M. 2014. Coeficiente de correlação amostral. *Rev. Ciência Elem.*, V2(02):042. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/static/docs/artigos/2014-042.pdf>
- Nuvunga, J. J. 2014. Análise de fatores para ensaio multiambientes sob diferentes níveis de desbalanceamento usando Modelos Mistos. (Dissertação de Mestrado). UL-Minas Gerais. Pp. 19-20.
- Oliveira, I. J. De, Fontes, J. R.A., Dias, M. C., Barreto, J.F. 2019. Recomendações técnicas para o cultivo de feijão-caupi no estado de Amazonas. Embrapa-Manaus. Pp. 2-4. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1108059/1/CircTec71.pdf>,
Acessado em 25/09/2024

Oliveira, L.V.A., Correa, A.M., Oliveira, R., Dos Santos, A. 2009. Desempenho De Genótipos De Feijão-Caupi Em Aquidauana/Ms. Disponível em: <https://anaisonline.uems.br/index.php/enic/article/view/1075/1097>. Acessado em 03/04/2025

Ramagosa, I.; Fox, P. N. (1993). Genotype x environment interaction and adaptation. Pp. 373-374.

Ramalho, M. A. P., Dos Santos, J. B., et. Al. 2012. Genética na Agropecuária. Lavras- MG. 5a ed. Pp. 271.

Ramos J., E. U.; Lemos, L. B.; Silva, T. R. B. (2005). Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. *Bragantia*, v. 64, n. 1. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/vRV6dcXPs97ty6MYLdjzB4Q/?lang=pt>

Silva, F. A., Silva, P. V., et al. 2024. Avaliação de Caracteres Agronômicos de Cultivares de Feijão-Caupi (*Vigna unguiculata* l.walp.) Cultivados em Esperança-PB. *FRONTEIRAS*. 2 (13): 203-209. Disponível em: <https://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/7340/5240>. Acessado em 25/09/2024

Silva, M. B., De Carvalho, A. J., et al. 2018. Desempenho agronômico de genótipos de feijão-caupi. Teresina, PI, Brasil. *Rev. Ciênc. Agr.* 4 (41): 1059-1066 Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1101875/1/Silvaetal20182.pdf>, Acessado em 04/12/2024

Silva, V.N.; Silva, L.E.S.F; Figueiredo, M.V.B. 2006. Atuação de rizóbios com rizobactéria promotora de crescimento em plantas na cultura do caupi (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.). *Acta Scientiarum Agronomy*, 3 (28): 407-412. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303026570012> . acessado em 25/09/2024

Souza, J. Da S. ., Martins, A. F. ., & Pedrosa, L. M. 2021. Importância de bactérias fixadoras de nitrogênio no cultivo do feijão-caupi *vigna unguiculata* l. (walp.) *Scientific Electronic Archives*, 14(9). Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/index.php/SEA/article/view/1456/1480>. Acessado em 25/09/2024

Sing, B. B., Mohan Raj, D. R. M., Dashiele, K. E. e Jackai, L. E.N. 1997. Advances in cowpea Research. IITA-Nigeria.

Squilass, M. G. 2003. Interação de genótipos com ambiente. Embrapa-Aracaju. 1ª ed. Pp. 12-36

Varello, C. A.A. 2008. Análise de Componentes Principais. Rio de Janeiro: Pp. 2.

World Bank, 2024. Accessed at <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/2019-06/CSA-in-Mozambique>.
Acessado em 02/10/2024

Yan, W., Cornelius, P.L., Crossa, J. and Hunt, L.A. 2001. Two types of GGE biplots for analyzing multi-environment data. Crop Science 41: 656-663.

Yan, W.; Hunt, L.A. 2003. Biplot Analysis of Multi-environment Trial Data. Canada: 289-303

I. ANEXOS

REP I II	G5	G9	G8	G7	G10	REP
	G2	G12	G14	G13	G1	
	G4	G6	G11	G15	G3	

REP III	G4	G6	G15	G14	G9
	G13	G5	G8	G3	G7
	G12	G11	G10	G1	G2

Anexo 1: Esquema do field lay-out dos ensaios de completos (com 15 genótipos). Nota: G1: INIA-41; G2: P8-32-8; G3: IT-1105; G4: CB-46; G5: CB-524B; G6: 503 x P24 S/N (2); G7: B21 x 499-13-2; G8: B21 x 2246-4; G9: 2246 x 503-9-5; G10: 41 x 18-9-1; G11: 499 x 18-1-13; G12: B21x 2246-3-4; G13: P5-21-5; G14: 013-40; G15: 012-43.

Primeiro ambiente (Chókwè)

Número de vagens por planta (NVP)

Anexo 2: Análise de variância do NVP

	Gl	Sum sq	Mean sq	F value	Pr(>F)
Genotipo	14	6217.9	444.13	6.224	<0.001
Rep	2	141.5	70.77	0.992	0.405
Linha	2	67.3	33.65	0.534	0.594
Coluna	4	430.3	107.57	1.706	0.185
Resíduos	22	1386.9	63.04		

Anexo 3: Teste de Normalidade (Shapiro Wilk) e de Teste de Homocedasticidade (Breusch – Pagan).

Shapiro-Wilk normality test

data: VagPlant\$residuals

W = 0.95903, p-value = 0.1122

Breusch Pagan Test for Heteroskedasticity

Test Summary

DF = 1
Chi2 = 1.051026
Prob > Chi2 = 0.305271

Número de sementes por vagem

Anexo 4: Análise de variância do NSV

	GI	Sum sq	Mean sq	F value	Pr(>F)
Genotipo	14	329.54	23.539	15.243	<0.001
Rep	2	6.09	3.044	1.971	0.163
Linha	2	2.37	1.187	0.768	0.476
Coluna	4	5.24	1.310	0.848	0.510
Resíduos	22	33.97	1.544		

Anexo 5: Teste de Normalidade (Shapiro Wilk) e de Teste de Homocedasticidade (Breusch – Pagan).

Shapiro-Wilk normality test

data: Modelo1\$residuals

W = 0.98185, p-value = 0.6951

Breusch Pagan Test for Heteroskedasticity

Test Summary

DF = 1
Chi2 = 0.03874972
Prob > Chi2 = 0.8439453

Peso de 100 sementes

Anexo 6: Análise de variância do P100S

	Gl	Sum sq	Mean sq	F value	Pr(>F)
Genotipo	14	694.98	49.641	23.043	<0.001
Rep	2	0.58	0.289	0.134	0.875
Linha	2	11.52	5.76	2.674	0.091
Coluna	4	33.17	8.294	3.850	0.016
Resíduos	22	47.39	2.154		

Anexo 7: Teste de Normalidade (Shapiro Wilk) e de Teste de Homocedasticidade (Breusch – Pagan).

Shapiro-Wilk normality test

data: Psem\$residuals

W = 0.98392, p-value = 0.7786

Breusch Pagan Test for Heteroskedasticity

Test Summary

DF = 1

Chi2 = 2.744326

Prob > Chi2 = 0.0976002

Rendimento de grãos

Anexo 8: Análise de variância do NSV

	Gl	Sum sq	Mean sq	F value	Pr(>F)
Genotipo	14	3641279	260091	1.561	0.170
Rep	2	491494	245747	1.475	0.250
Linha	2	1226105	613053	3.680	0.042
Coluna	4	1130968	282742	1.697	0.187
Resíduos	22	3664801	166582		

Shapiro-Wilk normality test

data: Rend\$residuals

W = 0.971, p-value = 0.3146

Breusch Pagan Test for Heteroskedasticity

Test Summary

DF = 1
Chi2 = 0.1260886
Prob > Chi2 = 0.7225225

Segundo ambiente (Maniquenique)

Número de vagens por planta

Anexo 9: Análise de variância do NVP

	Gl	Sum sq	Mean sq	F value	Pr(>F)
Genotipo	14	1069.96	76.426	1.506	0.189
Rep	2	31.45	15.724	0.310	0.737
Linha	2	29.03	14.516	0.286	0.754
Coluna	4	83.82	20.955	0.413	0.797
Resíduos	22	1116.1	50.733		

Anexo 10: Teste de Normalidade (Shapiro Wilk) e de Teste de Homocedasticidade (Breusch – Pagan).

Shapiro-Wilk normality test

data: VagPlant\$residuals

W = 0.97778, p-value = 0.5324

Breusch Pagan Test for Heteroskedasticity

Test Summary

DF = 1

Chi2 = 1.185189

Prob > Chi2 = 0.2763021

Número de sementes por vagem

Anexo 11: Análise de variância do NSV

	Gl	Sum sq	Mean sq	F value	Pr(>F)
Genotipo	14	239.099	17.079	6.430	<0.001
Rep	2	0.229	0.115	0.043	0.958
Linha	2	0.211	0.105	0.040	0.961
Coluna	4	4.857	1.214	0.457	0.766
Resíduos	22	58.436	2.656		

Anexo 12: Teste de Normalidade (Shapiro Wilk) e de Teste de Homocedasticidade (Breusch – Pagan).

Shapiro-Wilk normality test

data: SeVag\$residuals

W = 0.98157, p-value = 0.6836

Breusch Pagan Test for Heteroskedasticity

Test Summary

DF = 1

Chi2 = 1.576925

Prob > Chi2 = 0.2092042

Peso de 100 sementes

Anexo 13: Análise de variância para o peso de 100 sementes

	Gl	Sum sq	Mean sq	F value	Pr(>F)
Genotipo	14	468.44	33.46	0.598	0.004
Rep	2	22.71	11.356	1.221	0.314
Linha	2	6.75	3.373	0.363	0.699
Coluna	4	3.96	8.49	0.913	0.474
Resíduos	22	204.58	9.299		

Anexo 14: Teste de Normalidade (Shapiro Wilk) e de Teste de Homocedasticidade (Breusch – Pagan).

Shapiro-Wilk normality test

data: Psem\$residuals

W = 0.96486, p-value = 0.1867

Breusch Pagan Test for Heteroskedasticity

Test Summary

DF = 1

Chi2 = 0.0004748684

Prob > Chi2 = 0.9826143

Rendimento de Maniquenique

Anexo 15: Análise de variância para o Rend

	Gl	Sum sq	Mean sq	F value	Pr(>F)
Genotipo	14	16678999	1191357	10.091	<0.001
Rep	2	229861	114931	0.974	0.393
Linha	2	252400	126200	1.069	0.361
Coluna	4	3709912	927478	7.856	<0.001
Resíduos	22	2597340	118061		

Anexo 16: Teste de Normalidade (Shapiro Wilk) e de Teste de Homocedasticidade (Breusch – Pagan).

Shapiro-Wilk normality test

data: Rend\$residuals

W = 0.98275, p-value = 0.7318

Breusch Pagan Test for Heteroskedasticity

Test Summary

DF = 1

Chi2 = 1.186771

Prob > Chi2 = 0.2759819

Terceiro ambiente (Nhacoongo)

Número de vagens por planta (NVP)

Anexo 17: Análise de variância para o NVP

	Gl	Sum sq	Mean sq	F value	Pr(>F)
Genotipo	14	0.726	0.052	0.595	0.841
Rep	2	0.368	0.184	2.112	0.145
Linha	2	0.009	0.005	0.054	0.948
Coluna	4	2.711	0.678	7.774	<0.001
Resíduos	22	1.918	0.087		

Anexo 18: Teste de Normalidade (Shapiro Wilk) e de Teste de Homocedasticidade (Breusch – Pagan).

Shapiro-Wilk normality test

data: VagPlant\$residuals

W = 0.98631, p-value = 0.8659

Breusch Pagan Test for Heteroskedasticity

Test Summary

DF = 1

Chi2 = 0.6580782

Prob > Chi2 = 0.4172392

Número de sementes por vagem

Anexo 19: Análise de variância para o NSV

	Gl	Sum sq	Mean sq	F value	Pr(>F)
Genotipo	14	428.53	30.610	24.889	<0.001
Rep	2	0.93	0.467	0.380	0.689
Linha	2	13.69	6.845	5.566	0.011
Coluna	4	10.99	2.747	2.234	0.098
Resíduos	22	27.06	1.230		

Anexo 20: Teste de Normalidade (Shapiro Wilk) e de Teste de Homocedasticidade (Breusch – Pagan).

Shapiro-Wilk normality test

data: SeVag_log\$residuals

W = 0.97129, p-value = 0.3222

Breusch Pagan Test for Heteroskedasticity

Test Summary

DF = 1

Chi2 = 1.201836

Prob > Chi2 = 0.272955

Peso de 100 sementes

Anexo 21: Análise de variância do P100S

	Gl	Sum sq	Mean sq	F value	Pr(>F)
Genotipo	14	964.8	68.914	17.133	<0.001
Rep	2	182.53	91.267	22.690	<0.001
Linha	2	7.42	3.709	0.922	0.413
Coluna	4	37.56	9.389	2.334	0.087
Resíduos	22	88.49	4.022		

Anexo 22: Teste de Normalidade (Shapiro Wilk) e de Teste de Homocedasticidade (Breusch – Pagan).

Shapiro-Wilk normality test

data: Psem\$residuals

W = 0.96572, p-value = 0.2012

Breusch Pagan Test for Heteroskedasticity

Test Summary

DF = 1

Chi2 = 0.220976

Prob > Chi2 = 0.6382972

Rendimento

Anexo 23: Análise de variância do Rend

	Gl	Sum sq	Mean sq	F value	Pr(>F)
Genotipo	14	8946690	639049	10.629	<0.001
Rep	2	303744	151872	2.526	0.103
Linha	2	107516	53758	0.894	0.423
Coluna	4	574681	143670	2.390	0.082
Resíduos	22	1322664	60121		

Anexo 24: Teste de Normalidade (Shapiro Wilk) e de Teste de Homocedasticidade (Breusch – Pagan).

Shapiro-Wilk normality test

data: Rend\$residuals

W = 0.96186, p-value = 0.1437

Breusch Pagan Test for Heteroskedasticity

Test Summary

DF = 1

Chi2 = 1.134827

Prob > Chi2 = 0.2867482

Anexo 25 : Análise de variância conjunta

	Gl	Sum sq	Mean sq	F value	Pr(>F)
Genotipo	14	21955604	1568257	11.961	<0.001
Rep	2	914874	457437	3.489	0.035
Ambiente	2	9612509	4806254	36.656	<0.001
Linha	2	844603	422301	3.221	0.045
col	4	3003322	750831	5.726	0.000
GenotipoxAmbiente	28	7408433	264587	2.018	0.008
Resíduos	82	10751619	131117		

Anexo 26: Teste de Normalidade (Shapiro Wilk) e de Teste de Homocedasticidade (Breusch – Pagan).

Shapiro-Wilk normality test

data: Rend\$residuals

W = 0.99534, p-value = 0.9433

Breusch Pagan Test for Heteroskedasticity

Test Summary

DF = 1
Chi2 = 3.258529
Prob > Chi2 = 0.0710