PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM AGRONOMIA

GILSON DA SILVA OLIVEIRA

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Megathyrsus maximus* PRODUZIDAS SOB DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS, DE MANEJO E ARMAZENAMENTO

Presidente Prudente - SP
2026

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM AGRONOMIA

GILSON DA SILVA OLIVEIRA

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Megathyrsus maximus* PRODUZIDAS SOB DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS, DE MANEJO E ARMAZENAMENTO

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal

Orientador:
Prof. Dr. Nelson Barbosa Machado Neto
Coorientador:
Profa. Dra. Ceci Castilho Custódio

Presidente Prudente - SP
2026

631.521
O48q

Oliveira, Gilson da Silva.
Qualidade fisiológica de sementes de Megathyrsus maximus produzidas sob diferentes condições edafoclimáticas, de manejo e armazenamento / Gilson da Silva Oliveira. – Presidente Prudente, 2026.
117 f.: il., tabs.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2026.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Barbosa Machado Neto.
Coorientador: Prof. Dr.ª Ceci Castilho Custódio.

1. Condutividade elétrica. 2. Germinação. 3. Estresse oxidativo. 4. Forrageiras tropicais. 1. Título.

Catalogação na Fonte: Frederico Romão de Moraes – CRB 8/9279

Unoeste
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
18 3229 3099
propg@unoeste.br
Campus II Rodovia Raposo Tavares, KM 572 - Bairro Limoeiro - CEP 19067-175 - Presidente Prudente-SP - www.unoeste.br

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Megathyrsus maximus* PRODUZIDAS SOB DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS, DE MANEJO E ARMAZENAMENTO"

AUTOR(A): GILSON DA SILVA OLIVEIRA

ORIENTADOR(A): Prof. Dr. NELSON BARBOSA MACHADO NETO

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em AGRONOMIA

Área de Concentração PRODUÇÃO VEGETAL, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. NELSON BARBOSA MACHADO NETO (orientador)
Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE - Presidente Prudente (SP)

Prof. Dr. TIAGO ARANDA CATUCHI
Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE - Presidente Prudente (SP)

Profa. Dra. CHARLINE ZARATIN ALVES
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS - Chapadão do Sul (MS)

Data da realização: Presidente Prudente, 29 de Setembro de 2026.

URL do documento: https://www.unoeste.br/calee/708588
Assinatura digital do documento: 9088f9fe15813d7286db4cebc912d595c9894050bafcc13e44c31c85757460

Central de Assinaturas Eletrônicas

Sobre o documento

Assunto: Documento eletrônico
Status do documento: Concluído
Data de criação do documento: 30/09/2026 15:19
Fuso horário: (UTC-03:00) Brasília
Número de assinaturas: 3
Solicitante: KEID RIBEIRO KRUGER (#6641127)

Signatários do documento

NELSON BARBOSA MACHADO NETO (PROFESSOR)
nbmneto@unoeste.br
Recebido em 30/09/2026 15:19
Assinado em 30/09/2026 15:20
Assinatura Interna UNOESTE
Usando endereço IP: 177.131.32.97
ID da assinatura: 7186985

CHARLINE ZARATIN ALVES (SIGNATÁRIO EXTERNO)
charline.alves@ufms.br
Recebido em 30/09/2026 15:19
Assinado em 30/09/2026 17:32
Assinatura Interna UNOESTE
Usando endereço IP: 200.129.202.130
ID da assinatura: 7186986

TIAGO ARANDA CATUCHI (PROFESSOR)
tiago@unoeste.br
Recebido em 30/09/2026 15:19
Assinado em 03/10/2026 08:55
Assinatura Interna UNOESTE
Usando endereço IP: 143.208.112.87
ID da assinatura: 7186987

URL do documento: https://www.unoeste.br/ca/re/708588
Assinatura digital do documento: 9f3889f9e15813d7286cb4cebc9124595c8894930bb0cc13e44c31c55757493
UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista
Mantida pela EPEC - Empresa Prudentina de Educação e Cultura SA

Utilize o QRCode abaixo para conferir a autenticidade deste documento:

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação, primeiramente, a Deus, por iluminar meus caminhos, fortalecer minha fé e conceder sabedoria, perseverança e coragem para superar cada desafio desta jornada.

À minha esposa, Edimara Cristina de Lima, pelo amor, companheirismo, incentivo e compreensão nos momentos em que a dedicação aos estudos exigiu tempo e renúncias. Seu apoio foi essencial para que este sonho se tornasse realidade.

Às minhas amadas filhas, Maria Clara Klebis Silva Oliveira, Ana Laura Klebis Silva Oliveira e Luiza Lima de Oliveira, que são minha maior inspiração e a razão de buscar ser uma pessoa e um profissional melhor a cada dia. Que esta conquista seja também um exemplo de que a dedicação, a perseverança e o conhecimento transformam sonhos em realidade.

Aos meus pais, Getúlio Manoel de Oliveira e Maria Aparecida da Silva Oliveira, por todos os ensinamentos, valores, amor e dedicação ao longo da vida. Sou profundamente grato por todo o esforço realizado para que eu pudesse chegar até aqui.

Ao meu colega de trabalho e amigo, Pedro Henrique Lopes Lorençone, pelo incentivo, pela amizade e pelas valiosas contribuições ao longo desta trajetória, compartilhando conhecimentos e colaborando de forma significativa para o desenvolvimento deste trabalho.

A todos vocês, dedico esta conquista com profunda gratidão, carinho e respeito, pois cada um teve um papel fundamental na realização deste sonho.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Dr. Nelson Barbosa, pela confiança, orientação, disponibilidade, paciência e pelos valiosos ensinamentos compartilhados durante o desenvolvimento desta pesquisa. Sua dedicação e conhecimento foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), pelos conhecimentos transmitidos ao longo do curso e pelas contribuições para minha formação científica e profissional.

Aos membros da banca examinadora, pelas sugestões, críticas construtivas e valiosas contribuições que enriqueceram este trabalho.

À Matsuda Importação e Exportação Ltda., pelo apoio, incentivo e pela oportunidade de conciliar as atividades profissionais com o desenvolvimento desta pesquisa, além de disponibilizar informações e condições que contribuíram para a execução do estudo.

A todos os colegas, técnicos, pesquisadores e colaboradores que, de alguma forma, participaram da condução dos experimentos, das análises laboratoriais e das discussões científicas, meu sincero agradecimento.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta dissertação e fizeram parte desta importante etapa da minha trajetória acadêmica e profissional.

“Não devemos chamar o povo à escola
para receber instruções, postulados, receitas,
ameaças, repreensões e punições, mas para
participar coletivamente da construção de um saber,
que vai além do saber de pura experiência feita,
que leve em conta as suas necessidades e o torne
instrumento de luta, possibilitando-lhe ser sujeito
de sua própria história”. (Paulo Freire)

RESUMO

Qualidade Fisiológica de Sementes de *Megathyrsus maximus* Produzidas sob Diferentes Condições Edafoclimáticas, de Manejo e Armazenamento

A qualidade fisiológica das sementes de forrageiras tropicais é importante para o estabelecimento e a produtividade das pastagens. Objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica de sementes de *Megathyrsus maximus* produzidas em diferentes campos e submetidas a condições distintas de armazenamento, considerando variáveis edafoclimáticas e de manejo. Foram analisados lotes do híbrido *M. maximus* × *M. infestum* e dos cultivares ‘Massai’, ‘MG-12 Paredão’, ‘Miyagui’ e ‘Mombaça’. A pureza física foi determinada no recebimento das amostras. As demais avaliações incluíram teor de água, viabilidade pelo teste de tetrazólio, germinação, índice de velocidade de germinação, peso de mil sementes, condutividade elétrica, teor de peróxido de hidrogênio e proteína bruta. As amostras foram avaliadas na condição inicial e após seis meses de armazenamento em ambiente e sob refrigeração. Os dados foram analisados por análise de variância e análises multivariadas. Observou-se variabilidade entre os lotes e respostas distintas às condições de armazenamento. Em alguns lotes, a germinação aumentou após o armazenamento, com destaque para ‘Massai’ e ‘Mombaça’, enquanto a refrigeração esteve associada à melhor manutenção da viabilidade em parte das amostras. As análises multivariadas evidenciaram associações entre atributos fisiológicos, variáveis ambientais e práticas de manejo, com padrões que variaram entre os campos avaliados. Como essas análises identificam associações, não permitem atribuir efeito causal isolado a esses fatores. Os resultados indicam que a qualidade das sementes deve ser avaliada considerando conjuntamente o ambiente de produção e as condições de armazenamento.

Palavras-chave: Condutividade Elétrica; Germinação; Estresse Oxidativo; Forrageiras tropicais.

ABSTRACT

Physiological Quality of *Megathyrsus maximus* Seeds Produced Under Different Edaphoclimatic, Management, and Storage Conditions

The physiological quality of tropical forage crop seeds is important for pasture establishment and productivity. The objective of this study was to evaluate the physiological quality of Megathyrsus maximus seeds produced in different fields and subjected to various storage conditions, taking into account soil, climate, and management variables. Batches of the M. maximus × M. infestum hybrid and the cultivars 'Massai,' 'MG-12 Paredão,' 'Miyagui,' and 'Mombaça' were analyzed. Physical purity was determined upon receipt of the samples. Other evaluations included moisture content, viability by the tetrazolium test, germination, germination rate index, thousand-seed weight, electrical conductivity, hydrogen peroxide content, and crude protein. The samples were evaluated at the initial stage and after six months of storage at room temperature and under refrigeration. The data were analyzed using analysis of variance and multivariate analyses. Variability was observed among the lots, along with distinct responses to storage conditions. In some lots, germination increased after storage, particularly in 'Massai' and 'Mombaça,' while refrigerated storage was associated with better maintenance of viability in some of the samples. Multivariate analyses revealed associations between physiological attributes, environmental variables, and management practices, with patterns that varied across the evaluated fields. Since these analyses identify associations, they do not allow for the attribution of an isolated causal effect to these factors. The results indicate that seed quality should be evaluated by considering both the production environment and storage conditions together.

.

Keywords: Electrical Conductivity; Germination; Oxidative Stress; Tropical Forage Grasses.

LISTA DE SIGLAS

ABA Ácido Abscísico
CE Condutividade Elétrica
CV Coeficiente de Variação
FAO Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
GA Ácido Giberélico
GE Germinação
H_2O_2 Peroxido Hidrogênio
IVG Índice de Velocidade de Germinação
MI Material Inerte
MSC Massa de Cem Sementes
OECD Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OS Outras sementes
PF Peso Total
PMS Peso de Mil Sementes
PP Pontos percentuais
PUR Determinação de Pureza
RAS Regras para Análise de Sementes
SIGEF Sistema de Gestão Fundiária
SP Sementes Puras
TA Teor de Água
TCA Ácido Tricloroacético
TZ Teste Tetrazólio
UNOESTE Universidade do Oeste Paulista

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização dos campos de produção de sementes e dos pontos amostrais utilizados no estudo.....27
Figura 2 – Precipitação e temperaturas ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura, com indicação das fases vegetativa, de florescimento e de colheita, nos Campos 01 (A), 02 (B), 3 (C) e 4 (D) de *Megathyrsus maximus* cv. Massai.....41
Figura 3 – Precipitação e temperaturas ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura, com indicação das fases vegetativa, de florescimento e de colheita, nos Campos 01 (A), 02 (B), 3 (C) e 4 (D) de *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão.....43
Figura 4 – Precipitação e temperaturas ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura, com indicação das fases vegetativa, de florescimento e de colheita, nos Campos 01 (A), 02 (B), 3 (C) e 4 (D) de *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui.....46
Figura 5 – Precipitação e temperaturas ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura, com indicação das fases vegetativa, de florescimento e de colheita, nos Campos 01 (A), 02 (B), 3 (C) e 4 (D) de *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça.....48
Figura 6 – Peso de mil sementes (PMS), das sementes das cultivares de *Megathyrsus maximus* em diferentes condições de armazenamento (In: inicial; Am: ambiente; Fr: frio). A: Massai; B: MG12-Paredão; C: Miyagui; D: Mombaça.....55
Figura 7 – Índice de Velocidade de Germinação (IVG) das sementes das cultivares *Megathyrsus maximus* sob diferentes condições de armazenamento (In: inicial; Am: ambiente; Fr: frio). A: Massai; B: MG12-Paredão; C: Miyagui; D: Mombaça.....62
Figura 8 – Condutividade elétrica (CE, µS cm^{-1} g^{-1}) das sementes das cultivares Megathyrsus maximus sob diferentes condições de armazenamento (In: inicial; Am: ambiente; Fr: frio). A: Massai; B: MG12 Paredão; C: Miyagui; D: Mombaça.....65
Figura 9 – Teores de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) das sementes das cultivares *Megathyrsus maximus* sob diferentes condições de armazenamento (In:

inicial; Am: ambiente; Fr: frio). A: Massai; B: MG12-Paredão; C: Miyagui; D: Mombaça..... 68
Figura 10 – Correlação entre parâmetros de qualidade fisiológica de sementes de Megathyrsus maximus cv. Massai e variáveis ambientais e de manejo.75
Figura 11 – Análise de Componentes Principais (PCA) de parâmetros fisiológicos de sementes e variáveis de manejo e clima em campos de produção de *Megathyrsus maximus* cv. Massai.....76
Figura 12 – Correlação entre parâmetros de qualidade fisiológica de sementes de *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão e variáveis ambientais e de manejo.....78
Figura 13 – Análise de Componentes Principais (PCA) de parâmetros fisiológicos de sementes e variáveis de manejo e clima em campos de produção de *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão.....79
Figura 14 – Correlação entre parâmetros de qualidade fisiológica de sementes de *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui e variáveis ambientais e de manejo.....80
Figura 15 – Análise de Componentes Principais (PCA) de parâmetros fisiológicos de sementes e variáveis de manejo e clima em campos de produção de *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui. 81
Figura 16 – Correlação entre parâmetros de qualidade fisiológica de sementes de Megathyrsus maximus cv. Mombaça e variáveis ambientais e de manejo.....83
Figura 17 – Análise de Componentes Principais (PCA) de parâmetros fisiológicos de sementes e variáveis de manejo e clima em campos de produção de Megathyrsus maximus cv. Mombaça.....84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização dos Campos de produção de sementes, localização, área e variáveis meteorológicas (Safra2023/2024).....29
Tabela 2 – Caracterização do manejo agronômico nos campos de produção de sementes de *Megathyrsus maximus* na (Safra 2023/2024)..... 30
Tabela 3 – Caracterização do manejo agronômico nos campos de produção de sementes de *Megathyrsus maximus* na safra 2023/2024. 31
Tabela 4 – Radiação global incidente média (MJ m^{-2} dia^{-1}) por fase fenológica da cultivar Massai em diferentes campos..... 42
Tabela 5 – Radiação global incidente média (MJ m^{-2} dia^{-1}) por fase fenológica da cultivar MG12 Paredão em diferentes campos..... 44
Tabela 6 – Radiação global incidente média (MJ m^{-2} dia^{-1}) por fase fenológica da cultivar Miyagui em diferentes campos..... 47
Tabela 7 – Radiação global incidente média (MJ m^{-2} dia^{-1}) por fase fenológica da cultivar Mombaça em diferentes campos..... 49
Tabela 8 – Caracterização de Pureza (PU%) das amostras de sementes..... 50
Tabela 9 – Teor de água (TA), Teste de Tetrazólio (TZ) e Proteína Bruta (PB) de *Megathyrsus maximus*, em diferentes sistemas de produção e condições de armazenamento: In (Inicial), Am (Ambiente) e Fr (Frio)..... 54
Tabela 10 – Germinação (%) das sementes das cultivares de *Megathyrsus maximus* em diferentes condições de armazenamento (In: inicial; Am: ambiente; Fr: frio). A: Massai; B: MG12-Paredão; C: Miyagui; D: Mombaça.....58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 18
2 OBJETIVO 19
2.1 Objetivo geral 19
2.2 Objetivo específico 19
3 REVISÃO DE LITERATURA 20
3.1 Cultivares 21
3.2 Qualidade das sementes 24
4 MATERIAL E MÉTODOS 27
4.1 Pureza 33
4.2 Massa de Cem Sementes – (MCS) 33
4.3 Viabilidade pelo teste de tetrazólio (TZ) 34
4.4 Teste de germinação (GER) 34
4.5 Índice de velocidade de germinação (IVG) 35
4.6 Teor de água (TA) 35
4.7 Condutividade elétrica (CE) 36
4.8 Teor de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) 36
4.9 Teor de Proteína Bruta - PB 37
4.10 Dados climatológicos 37
4.11 Reanálise e pós-armazenamento 37
4.12 Análise estatística 37
4.13 Contribuições do estudo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 39
5 RESULTADOS 40
5.1 Caracterização do clima 40
5.1.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai 40
5.1.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12 Paredão 42
5.1.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui 44
5.1.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça 47
5.2 Pureza 49
5.3 Teor de água (TA) e tetrazólio (TZ) 50
5.3.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai 50
5.3.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12 Paredão 51

5.3.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui 51
5.3.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça 52
5.4 Massa de Cem Sementes (MCS) 55
5.4.1 *Megathyrsus maximus* cv Massai 55
5.4.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG-12 Paredão 56
5.4.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui 56
5.4.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça 57
5.5 Germinação 58
5.5.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai 58
5.5.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão 59
5.5.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui 60
5.5.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça 61
5.6 Índice de velocidade de germinação 62
5.6.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai 62
5.6.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG-12 Paredão 63
5.6.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui 63
5.6.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça 64
5.7 Condutividade elétrica 65
5.7.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai 65
5.7.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão 66
5.7.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui 67
5.7.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça 67
5.8 Peróxido hidrogênio 68
5.8.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai 68
5.8.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão 69
5.8.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui 70
5.8.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça 71
5.9 Teor de Proteína (PB) 72
5.9.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai 72
5.9.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão 72
5.9.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui 73
5.9.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça 73
5.10 Análise multivariada 74
5.10.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai 74

5.10.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12 Paredão 77
5.10.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui 79
5.10.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça 82
6 DISCUSSÃO 85
6.1 Massa de Cem Sementes (MCS) 85
6.1.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai 85
6.1.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão 85
6.1.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui 86
6.1.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça 86
6.2 Teor de água (TA) e viabilidade pelo teste de tetrazólio (TZ) 87
6.2.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai 88
6.2.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão 88
6.2.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui 89
6.2.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça 89
6.3 Germinação 90
6.3.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai 90
6.3.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão 91
6.3.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui 92
6.3.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça 93
6.4 Peróxido de hidrogênio (H_2O_2) 94
6.4.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai 94
6.4.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão 95
6.4.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui 95
6.4.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça 96
6.5 Condutividade elétrica 96
6.5.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai 96
6.5.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão 97
6.5.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui 98
6.5.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça 99
6.6 Proteína bruta (PB) 100
6.6.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai 100
6.6.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão 100
6.6.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui 100
6.6.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça 101

6.7 Análise Multivariada 102
6.7.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai 102
6.7.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão 103
6.7.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui 104
6.7.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça 104
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 106
8 CONCLUSÃO 108
REFERÊNCIAS 109
APÊNDICE A - FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES - PRODUÇÃO DE SEMENTES 116

1 INTRODUÇÃO

A pecuária bovina brasileira depende, em grande parte, das pastagens para alimentar o rebanho. Quando essas áreas apresentam degradação, a produção de forragem pode ser comprometida, com reflexos na produtividade animal e no uso sustentável da área. Por isso, a formação de pastagens bem estabelecidas é importante para os sistemas pecuários.

Entre as forrageiras tropicais utilizadas no país, *Megathyrsus maximus* (sin. *Panicum maximum*) se destaca pela adaptação às condições tropicais, pela produção de biomassa e pelo valor nutritivo. A espécie é utilizada em diferentes sistemas de produção, inclusive na integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), e possui cultivares com características que atendem a diferentes condições de cultivo.

O estabelecimento da pastagem depende, entre outros fatores, da qualidade fisiológica das sementes, relacionada à sua capacidade de germinar e formar plântulas. Essa qualidade pode ser influenciada pelas condições em que as sementes se desenvolvem, pelo manejo da cultura, pela colheita e pelo armazenamento. Assim, as diferenças entre campos de produção podem estar relacionadas ao desempenho dos lotes durante a germinação e a conservação.

Embora esses aspectos sejam estudados, é importante compreender como as condições edafoclimáticas e de manejo se relacionam com a qualidade fisiológica das sementes de *M. maximus*, considerando também o armazenamento. Essa análise é relevante porque os lotes podem responder de forma diferente conforme o campo de origem e a cultivar.

Neste estudo, analisou-se a relação entre variáveis edafoclimáticas e de manejo e a qualidade fisiológica de sementes de *M. maximus*, considerando lotes avaliados na condição inicial e após o armazenamento em ambiente e sob refrigeração. Também foram examinadas as variáveis mais associadas ao desempenho dos lotes, com o propósito de ampliar a compreensão sobre a produção e a conservação de sementes da espécie.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Correlacionar as variáveis edafoclimáticas de manejo e o armazenamento em condições diferentes, inicial (In), ambiente (Am) e frio (Fr), que possuem maior correlação com a qualidade fisiológica de sementes de *Megathyrsus maximus*.

2.2 Objetivo específico

a) Comparar a qualidade fisiológica das sementes armazenadas em ambiente comercial e ambiente refrigerado;
b) Avaliar parâmetros como, viabilidade, germinação, vigor e longevidade após e 6 meses;
c) Identificar principais fatores edafoclimáticos (fotoperíodo, temperatura e precipitação) que influenciam na produção e qualidade das sementes;
d) Analisar a influência das condições iniciais das sementes no processo de deterioração durante armazenamento;
e) Propor recomendações para otimizar a conservação e a manutenção da qualidade fisiológica das sementes de *M. maximus*.

3 REVISÃO DE LITERATURA

O *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs, anteriormente denominado *Panicum maximum Jacq*., é uma gramínea forrageira tropical nativa da África Oriental e Meridional. Trata-se de uma das espécies mais amplamente cultivadas no Brasil, valorizada por sua elevada adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas. Apresenta alta produtividade, boa qualidade nutricional, facilidade de propagação por sementes e excelente aceitabilidade por animais ruminantes (Jank *et al.*, 1997). A espécie é considerada estratégica para a pecuária nacional, sendo utilizada em sistemas intensivos e integrados (ILPF).

Ao longo dos anos, diversas cultivares de *M. maximus* foram desenvolvidas para atender às exigências de distintos sistemas de produção e se ajustar às variações ambientais, o que confere maior flexibilidade ao uso dessa forrageira em programas de melhoramento genético (Jesus *et al.*, 2024).

Sua reprodução ocorre por apomixia, um mecanismo no qual as plantas filhas mantêm as mesmas características genéticas da planta-mãe, resultando na ausência de variabilidade genética entre os indivíduos gerados (Savidan *et al.*, 1989). Além disso, sua inflorescência apresenta morfologia diversificada, podendo ocorrer na forma de racemo ou de panícula, o que influencia diretamente a dispersão das sementes.

De acordo com o Sistema de Gestão Fundiária – SIGEF (Brasil, 2025), estima-se que a área plantada para a produção de sementes forrageiras no Brasil ultrapasse 51,4 mil hectares. Esse amplo cultivo reflete a importância dessas gramíneas para o setor de produção de sementes. No que se refere à produtividade, os rendimentos podem variar consideravelmente entre cultivares e condições de manejo. Estudos conduzidos pela Embrapa indicam que a produção de sementes puras de *Megathyrsus maximus* pode variar entre 100 e 380 kg/ha, dependendo de fatores como o ambiente de produção, o regime de adubação e os métodos de colheita empregados (Embrapa, 2018).

O Brasil se destaca mundialmente como o maior produtor de sementes forrageiras tropicais, consolidando sua liderança no setor. Na safra 2024/2025, a produção é estimada em 117 mil toneladas de *Megathyrsus maximus*, o que confirma a relevância dessa atividade para o agronegócio nacional (Brasil, 2025). Além de ser

o principal consumidor dessas sementes, o país também é o maior exportador mundial, abastecendo diversos mercados internacionais (Melo *et al.*, 2016).

Parte das sementes de forrageiras tropicais produzidas no Brasil é destinada ao mercado externo, tendo como importantes destinos países da América do Sul e da América Central (Fernandes *et al*., 2005). Esse cenário reforça a importância do Brasil não apenas como produtor, mas também como referência no desenvolvimento e na comercialização de sementes de alta qualidade voltadas a diferentes sistemas pecuários em âmbito mundial.

3.1 Cultivares

Diversas cultivares foram desenvolvidas para atender a diferentes condições de manejo. A cultivar *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça, originária da África tropical, destaca-se pelo elevado potencial de produção de matéria seca, podendo alcançar aproximadamente 33 t ha^{-1} (Jank, 1995). A cultivar apresenta porte elevado e elevado potencial produtivo, além de características favoráveis à produção e à qualidade da forragem (Jank *et al*., 2008; Jank *et al*., 2010). Em avaliação comparativa entre cultivares de *Megathyrsus maximus*, o cultivar Mombaça apresentou elevada produção de matéria seca, com desempenho influenciado pela época de estabelecimento (Torres *et al*., 2013).

Apesar dessas vantagens, o cultivo do Mombaça requer solos profundos, bem drenados e de boa fertilidade para expressar seu máximo potencial produtivo (Herling; Braga; Luz, 2000). Para a exploração intensiva dessa pastagem, o adequado manejo da fertilidade do solo, por meio da correção e da adubação, é fundamental para favorecer a expressão do elevado potencial produtivo da cultivar Mombaça (Souza *et al*., 2005).

A cultivar Massai, registrada sob os códigos SNPA BRA 007102 e ORSTOM T21, é um híbrido resultante de um cruzamento natural entre *Megathyrsus maximus e Megathyrsus infestus*. Sua origem remonta a coletas realizadas na região da Tanzânia, especificamente na rota entre Dar es Salaam e Bagamoyo, em 1969. Essa forrageira apresenta crescimento em touceiras, porte médio de aproximadamente 60 cm, folhas finas e quebradiças, colmos verdes e inflorescências intermediárias entre panícula e racemo, características herdadas de suas espécies parentais (Embrapa Gado de Corte, 2001).

Dentre suas qualidades agronômicas, a cultivar Massai se destaca pela boa adaptabilidade a solos de textura moderada a argilosa e por exigir níveis médios de fertilidade. A produção de matéria seca pode atingir 15,6 t ha^{-1}, um rendimento expressivo quando comparado ao de outras cultivares de *Megathyrsus maximus*. Além disso, apresenta alta taxa de rebrota, o que promove maior persistência sob condições de pastejo, e demonstra boa resistência à cigarrinha-das-pastagens (*Notozulia entreriana*) (Embrapa Gado de Corte, 2001).

A cultivar Miyagui (*Megathyrsus maximus* cv. Miyagui) é uma gramínea perene de crescimento cespitoso e porte médio a alto, podendo atingir até 2,5 metros de altura. Seu desenvolvimento rápido e vigoroso deve-se ao intenso perfilhamento basal, que proporciona boa cobertura do solo. Suas folhas, de coloração verde-escura, podem alcançar até 120 cm de comprimento e 5 cm de largura, resultando em um grande volume de forragem nutritiva. Com ciclo de florescimento médio, essa cultivar se destaca pela elevada produção de sementes, pois apresenta menor degranação após o amadurecimento em comparação à cultivar Mombaça. Além disso, suas panículas são mais compactas, o que facilita a colheita (ANPROSEM, 2025).

A cultivar Miyagui apresenta exigência de fertilidade do solo de média a alta e elevado potencial de produção de forragem, com referências técnicas que indicam produtividade de 25 a 30 t ha^{-1} ano^{-1} de matéria seca. Seu desempenho produtivo é favorecido pelo manejo nutricional adequado, uma vez que estudos experimentais demonstram resposta positiva da cultivar à adubação, com incremento no acúmulo de forragem e na produção de matéria seca (Rosalvo *et al*., 2025).

A cultivar MG12-Paredão (*Megathyrsus maximus*) destaca-se pela elevada produtividade de forragem, associada à boa qualidade nutricional. Suas folhas largas e compridas facilitam o consumo pelos animais, e sua capacidade de rebrotar vigorosamente, rapidamente e uniformemente garante maior persistência da pastagem. Apresenta hábito de crescimento cespitoso e ereto, com porte que pode atingir entre 1,80 e 2,00 metros de altura.

Essa forrageira possui alta exigência em fertilidade do solo e responde positivamente a práticas adequadas de correção e adubação. A ‘MG12 Paredão’ é indicada tanto para o pastejo direto quanto para a produção de silagem, sendo altamente palatável aos animais. Sua produtividade pode atingir entre 30 e 35 toneladas de matéria seca por hectare por ano, configurando-se como uma opção estratégica para a intensificação da produção (Matsuda, 2018).

De forma geral, cultivares como ‘Mombaça’, ‘MG12 Paredão’ e ‘Miyagui ‘favorecem sistemas de produção intensivos, enquanto ‘Massai’ apresenta maior adaptabilidade a áreas de fertilidade intermediária. Essa diversidade de cultivares amplia as possibilidades de uso, mas também exige maior atenção quanto ao manejo voltado à manutenção da qualidade das sementes.

Campo de produção de sementes

A produtividade de sementes de forrageiras tropicais é influenciada por diversos fatores, que vão do sistema de manejo às condições climáticas da região. Em gramíneas forrageiras, a baixa produtividade está frequentemente associada a características intrínsecas da fase reprodutiva, como o período prolongado de florescimento, a desuniformidade na emissão de inflorescências e a baixa retenção de sementes, resultando em perdas significativas por degrana ao longo do tempo (Chamorro *et al*., 2024).

A produção de sementes depende fortemente de componentes estruturais, especialmente da densidade de perfilhos reprodutivos e da quantidade de inflorescências formadas, sendo esses fatores determinantes do rendimento final (Chamorro *et al*., 2024). A desuniformidade na maturação das sementes também impõe desafios operacionais, uma vez que a colheita em um único momento pode resultar em elevada proporção de sementes imaturas, reduzindo a qualidade do lote (Hare; Tatsapong; Saipraset, 2007).

Outro aspecto relevante é a degrana natural das sementes, que pode se intensificar devido ao prolongamento da fase reprodutiva e ao padrão progressivo de liberação das sementes, contribuindo para perdas expressivas antes mesmo da colheita (Chamorro *et al*., 2024).

Adicionalmente, a dormência das sementes constitui um importante mecanismo fisiológico nessas espécies, sendo considerada uma estratégia adaptativa. No entanto, sob esse ponto de vista, essa característica representa um entrave, pois reduz a velocidade e a uniformidade da germinação, impactando diretamente o estabelecimento inicial das pastagens (Chamorro *et al*., 2024).

Chuvas durante a antese também podem comprometer a formação das sementes. Em azevém-perene (*Lolium perenne*), o aumento da precipitação nesse

período foi associado à menor sincronia da antese e à redução do pegamento de sementes (Abel; Bolte, 2018). Esse resultado indica que as condições de chuva durante o florescimento podem interferir na reprodução das gramíneas. Para Urochloa ruziziensis, Wongsuwan (1994) observou maior rendimento de sementes sob fotoperíodo mais curto, de aproximadamente 11 horas, em comparação com fotoperíodos de 12, 13 e 14 horas.

O estresse térmico associado à deficiência hídrica também pode impactar negativamente a formação das sementes, reduzindo sua quantidade, tamanho e qualidade fisiológica. Processos metabólicos essenciais, como a produção e o transporte de fotoassimilados para o desenvolvimento das reservas das sementes, são altamente sensíveis às adversidades climáticas (Sehgal *et al.*, 2018). Em cultivos de *M. maximus* 'Mombaça', por exemplo, Cruz *et al.* (2020) verificaram que campos submetidos a temperaturas superiores a 32 °C durante a fase de florescimento, associadas a altas precipitações durante a degrana e a pré-colheita, resultaram em sementes de baixa qualidade fisiológica.

A temperatura constitui um importante fator ambiental associado à produção de sementes de forrageiras tropicais, uma vez que temperaturas elevadas aumentam a demanda hídrica e, quando associadas à deficiência hídrica, podem reduzir a produtividade, especialmente durante o desenvolvimento vegetativo (Assad *et al*., 2026). Eventos climáticos adversos durante as fases reprodutivas, como precipitações excessivas, ventos fortes e elevada umidade relativa do ar, podem comprometer a maturação e a qualidade das sementes, além de favorecer a queda de floretes, a degrana prematura e a ocorrência de sementes imaturas (Cruz *et al*., 2020).

Embora os estudos confirmem que temperatura, precipitação e fotoperíodo sejam fatores determinantes, a interação entre esses elementos ainda requer maior investigação em diferentes regiões. Essa lacuna justifica a avaliação integrada das condições edafoclimáticas proposta neste estudo.

3.2 Qualidade das sementes

A qualidade fisiológica das sementes atinge seu ponto máximo no momento em que alcançam a maturidade fisiológica. Nesse estágio, elas se tornam independentes da planta-mãe e permanecem armazenadas no campo até a colheita (Marcos-Filho, 2015).

As Regras para Análise de Sementes (RAS), estabelecem diretrizes técnicas para todas as etapas do processo analítico, abrangendo desde a amostragem até a condução dos testes laboratoriais e a padronização dos equipamentos e critérios de interpretação dos resultados (Brasil, 2025). Entre os vários testes empregados, destacam-se o teste de pureza, o teste de germinação e o teste de viabilidade conhecido como teste de tetrazólio, entre outros (Dias; Alves, 2008). Assim, garantir a qualidade das sementes não se resume apenas à realização de uma ou duas análises, como pureza física e germinação, mas envolve um conjunto de fatores que incluem a escolha do local de produção, o manejo adequado da cultura e a adoção de estratégias que minimizem os impactos das condições climáticas adversas.

O teste de germinação é amplamente utilizado para estimar o potencial germinativo de um lote, pois é realizado sob condições ideais de laboratório. No entanto, os resultados obtidos podem superestimar a viabilidade real das sementes em campo, onde fatores ambientais podem comprometer o estabelecimento das plântulas (Marcos-Filho, 2015; Custódio, 2005).

O teste de tetrazólio baseia-se na atividade das enzimas desidrogenases presentes nas células vivas das sementes. Esse método consiste na redução do sal de tetrazólio (2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio), que é incolor, a um precipitado vermelho insolúvel, conhecido como formazan. Esse processo permite identificar a condição funcional das partes vitais da semente, diferenciando tecidos viáveis de inviáveis (Deswal; Chand, 1997; Piña-Rodrigues *et al.*, 2004).

A umidade da semente é um fator essencial para sua qualidade fisiológica, influenciando diretamente a viabilidade, o vigor e a longevidade. Um teor de umidade adequado garante um armazenamento seguro, reduzindo a deterioração e prevenindo ataques de fungos e pragas. Durante a germinação, o nível de umidade impacta a absorção de água, etapa essencial para a ativação metabólica da semente e o início do desenvolvimento da plântula.

Segundo Marcos-Filho (2015), as interações entre a água e a semente influenciam diversos aspectos do seu desempenho, incluindo germinação, deterioração, injúrias mecânicas e processos de secagem e armazenamento. Assim, a variabilidade das relações hídricas no ambiente de armazenamento e plantio pode impactar diretamente a viabilidade e o vigor das sementes, tornando essencial a adoção de estratégias que mitiguem esses efeitos.

O teste de condutividade elétrica constitui um método indireto de avaliação do vigor, baseado na integridade das membranas celulares das sementes. Maiores valores de condutividade indicam maior lixiviação de eletrólitos durante a embebição, refletindo maior desorganização das membranas e, consequentemente, menor vigor fisiológico das sementes (Matthews; Powell, 2006; Melo *et al*., 2019).

De acordo com Chu *et al.* (2022), o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) desempenha um papel fundamental na germinação de sementes, atuando como sinalizador bioquímico na quebra da dormência. Estudos indicam que o H_2O_2 não apenas estimula a germinação, mas também regula a expressão gênica envolvida nesse processo. Além disso, sua ação está relacionada à modulação de fitohormônios, como o ácido abscísico (ABA) e o ácido giberélico (GA), equilibrando os mecanismos de dormência e germinação.

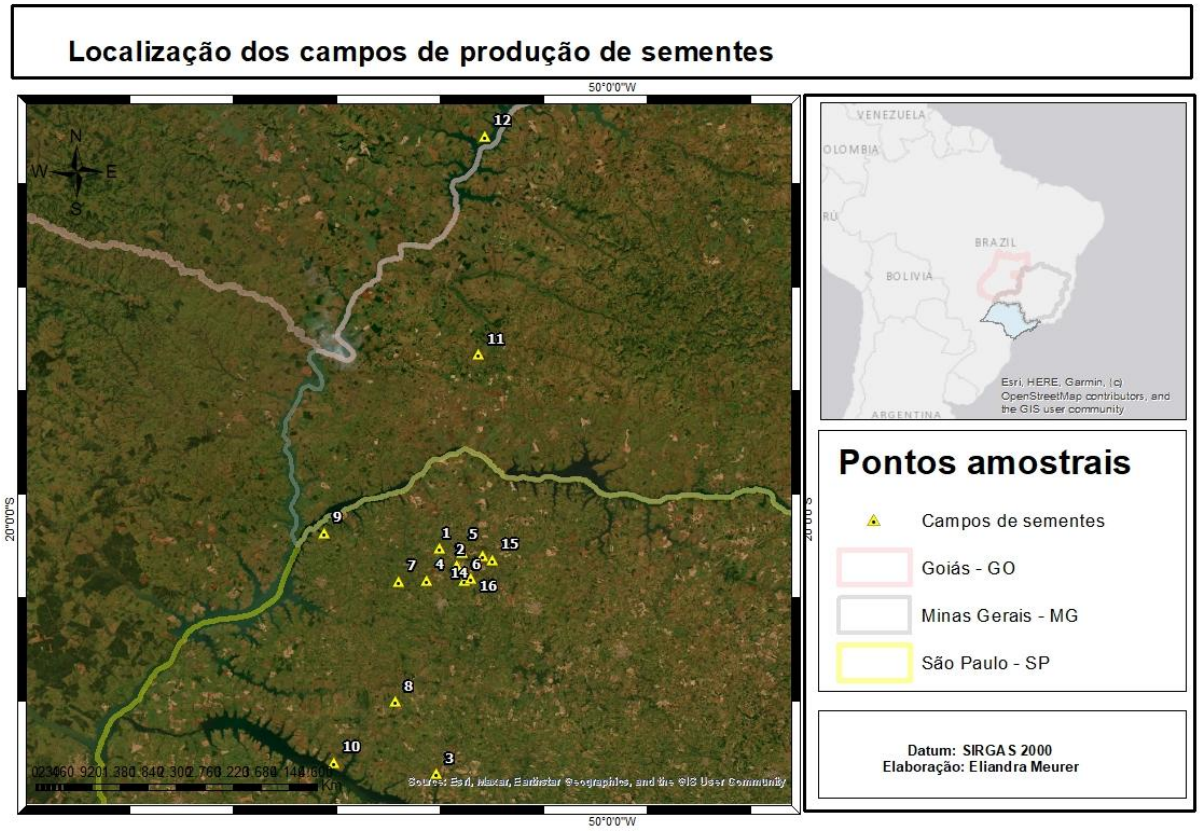
Sendo assim, a qualidade das sementes de *Megathyrsus maximus* depende não apenas das análises tradicionais pureza, germinação e viabilidade, mas também de fatores bioquímicos e ambientais que interagem desde o campo até o armazenamento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de sementes da espécie *Megathyrsus maximus* foram coletadas na Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) da empresa Matsuda, localizada no município de Álvares Machado, SP. Foram obtidas amostras de sementes do híbrido *M*.(*maximus x infestum*) ‘Massai’e dos cultivares de *M. maximus:* ‘MG12 - Paredão’, ‘Miyagui’ e ‘Mombaça’.

As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam os 16 campos de produção de sementes avaliados durante a safra 2023/2024, distribuídos em diferentes municípios dos estados de São Paulo, Goiás e Minas Gerais, bem como as coordenadas geográficas de cada área produtora, obtidas por receptores GPS (Garmin) e expressas em graus, minutos e segundos, referenciadas ao datum geodésico SIRGAS 2000.

Figura 1 – Localização dos campos de produção de sementes e dos pontos amostrais utilizados no estudo.



Fonte: Elaborado por Eliandra Meurer (2026).

Para os campos de produção no mapa, foi adotada uma numeração contínua de 01 a 16. Os campos 01 a 04 correspondem à cultivar Massai, os campos 05 a 08, à cultivar MG-12 Paredão, identificados internamente como campos 01 a 04, os

campos 09 a 12, à cultivar Miyagui, também identificados como campos 01 a 04, e os campos 13 a 16, à cultivar Mombaça, correspondentes aos campos 01 a 04. Assim, os campos 11 e 12 pertencem à cultivar Miyagui e correspondem, respectivamente, aos campos 03 e 04 dessa cultivar.

Com o objetivo de estabelecer relações entre as condições de campo e as características físicas, fisiológicas das sementes, foram coletadas informações meteorológicas na plataforma NASA POWER. Foram considerados dados de temperatura do ar (máxima, mínima e média), radiação global e precipitação acumulada, referentes ao intervalo entre plantio, florescimento e colheita, caracterizando as condições predominantes ao longo do ciclo reprodutivo das cultivares avaliadas. Adicionalmente, registrou-se a área de produção (ha) e a classificação climática segundo Köppen-Geiger, conforme atualização de Peel, Finlayson e McMahon.

Tabela 1 – Caracterização dos campos de produção de sementes, localização, área e variáveis meteorológicas (safra 2023/2024).

Cultivar	Campo	Município	UF	Área (ha)	Altitude	Temperatura (°C)			Radiação			P.A (mm)
						Min	Méd	Máx	Min	Méd	Máx	
Massai	01	Dolcinópolis	SP	36,30	485	23,20	28,65	34,10	7,50	19,03	30,56	499
	02	Dois Córregos	SP	33,80	486	23,31	28,60	33,90	7,50	19,03	30,56	496
	03	Santo Ant. Aracangua	SP	17,40	389	23,16	28,50	33,85	7,50	19,03	30,56	497
	04	Auriflama	SP	12,40	465	22,44	27,92	33,41	5,51	17,71	29,92	457
MG12 Paredão	01	Turmalina	SP	13,90	503	21,02	26,94	32,86	5,30	18,60	29,90	429
	02	Turmalina	SP	9,65	487	20,78	26,97	33,16	5,30	18,50	29,90	425
	03	Jales	SP	14,60	401	20,80	26,86	32,92	5,30	18,80	29,90	467
	04	Guzolândia	SP	28,50	467	20,89	26,82	32,76	5,30	18,40	29,90	411
Miyagui	01	Santa Clara D” Oeste	SP	72,80	364	20,49	26,74	33,00	5,30	18,20	29,90	338
	02	Sud Mennucci	SP	38,60	445	20,11	26,81	33,51	5,40	18,40	33,30	297
	03	União de Minas	MG	47,80	356	20,44	26,58	32,72	5,30	18,20	29,90	380
	04	Paranaiguara	GO	300,00	417	22,09	27,97	33,85	5,70	20,30	28,50	409
Mombaça	01	Turmalina	SP	3,25	477	21,63	27,34	33,05	5,50	19,10	29,90	424
	02	Turmalina	SP	32,48	480	22,68	28,08	33,48	7,50	20,00	29,90	368
	03	Estrela D’ Oeste	SP	17,50	443	21,60	27,30	33,01	5,50	19,00	29,90	423
	04	Estrela D’ Oeste	SP	14,30	494	21,51	27,24	32,97	5,50	19,00	29,90	370

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).
Nota: Min = valor mínimo; Méd = valor médio; Máx = valor máximo; PA = precipitação acumulada.

Tabela 2 – Caracterização do manejo agronômico nos campos de produção de sementes de *Megathyrsus maximus* (safra 2023/2024).

Cultivar	Campo	T.S (kg ha^{-1})	D.P	S.S	Esp. (m)	D.F	D.C	Calagem (t ha^{-1})	Ad. Pl. N (kg ha^{-1})	Ad.Pl.P_2o^5 (kg ha^{-1})	Ad.Pl.K_2O (kg ha^{-1})
Massai	01	0,5	20/12/2023	Linha	1,1	20/03/2024	15/05/2024	3,5	10	48	-
	02	0,4	18/12/2023	Linha	1,1	21/03/2024	18/05/2024	4,5	20	30	-
	03	0,4	23/12/2023	Linha	1,1	20/03/2024	15/05/2024	-	-	30	-
	04	0,4	04/01/2024	Linha	0,86	01/04/2024	30/05/2024	-	6	21	12
MG12 Paredão	01	0,4	05/01/2024	Linha	1,1	10/04/2024	Julho/2024	3	4,8	17	9,6
	02	0,4	08/01/2024	Linha	0,9	20/04/2024	Julho/2024	-	-	27	-
	03	0,4	02/01/2024	Linha	1	20/04/2024	Julho/2024	0,8	4	30	10
	04	0,5	12/01/2024	Linha	1,1	20/04/2024	Julho/2024	3,5	10	48	-
Miyagui	01	3	23/01/2024	Lanço	-	20/04/2024	22/05/2024	2	-	-	-
	02	3	22/01/2024	Lanço	-	Maio/2024	10/06/2024	-	-	-	-
	03	3	20/01/2024	Lanço	-	Maio/2024	10/06/2024	2	-	-	-
	04	3	02/01/2024	Lanço	-	24/04/2024	26/05/2024	12	12	80	20
Mombaça	01	0,5	01/01/2024	Linha	1,1	Abril/2024	Junho/2024	3	4,8	17	9,6
	02	0,5	17/01/2024	Linha	1,1	Abril/2024	20/05/2024	3,5	10	48	-
	03	0,4	10/01/2024	Linha	1	Abril/2024	Junho/2024	0,5	9,6	34	19,2
	04	0,5	16/01/2024	Linha	1,1	Abril/2024	Junho/2024	1,4	16	60	20

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Nota: T.S = taxa de semeadura; D.P = data de plantio; S.S = sistema de plantio; Esp. = espaçamento; D.F = data de florescimento; D.C = data de colheita; Ad. Pl. N = adubação de plantio com nitrogênio; Ad. Pl. P_2O_5 = adubação fosfatada de plantio; Ad. Pl. K_2O = adubação potássica de plantio.

Tabela 3 – Caracterização do manejo agronômico nos campos de produção de sementes de *Megathyrsus maximus* (safra 2023/2024).

Cultivar	Campo	Ad. Co. N (kg ha^{-1})	Ad. Co. K_2O (kg ha^{-1})	Inseticida (P.A)	Herbicida (P.A)	Manejo mecânico
Massai	01	69	70	-	Mesotriona	-
	02	68	70	Metomil	2,4D	2 passadas
	03	-	70	Metomil/Firponil	2,4D	-
	04	46	12	Lambda-cialotrina	2,4D+ Atrazina+	-
MG12 Paredão	01	20	68	Metomil + Cipermetrina	Mesotriona	-
	02	50	68	-	2,4D+Metsulfurom	2 passadas
	03	31	41	Fipronil	2,4D	1 passadas
	04	69	70	-	Mesotriona	-
Miyagui	01	-	-	Metomil	2,4D	-
	02	-	-	-		-
	03	-	-	Metomil	2,4D	-
	04	-	-	Clorpirifós	2,4D+Metsulfurom+Atrazina	-
Mombaça	01	20	68	Metomil + Cipermetrina	Mesotriona	2 passadas
	02	69	70	-	2,4D	-
	03	24,4	80	Metomil	Atrazina+Mesotriona	-
	04	100	80	Metomil	-	2 passadas

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Nota: Ad. Co. N = adubação de cobertura com nitrogênio; Ad. Co. K_2O = adubação de cobertura com potássio; P.A. = princípio ativo; herbicida aplicado em pós-emergência; manejo mecânico = passagem do rolo compactador, realizada com o objetivo de favorecer o perfilhamento.

Os campos de produção foram agrupados de acordo com a cultivar. Dentro de cada cultivar, os diferentes campos de produção constituíram o primeiro fator, denominado Campo, enquanto as condições de avaliação constituíram o segundo fator, denominado Condição

Dessa forma, os dados foram analisados separadamente para cada cultivar, considerando-se um arranjo fatorial Campo × Condição (4 × 3), em modelo adaptado (DBC), permitindo avaliar os efeitos individuais dos campos de produção, das condições de armazenamento e da interação entre esses fatores.

Após a coleta, foi aplicado um questionário aos proprietários dos campos para obtenção de informações sobre localização, condições climáticas e práticas de manejo, conforme apresentado no Apêndice A.

As amostras de sementes coletadas foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Sementes da Matsuda, situado às margens da Rodovia Raposo Tavares – SP-270, km 575, em Álvares Machado-SP, onde foram homogeneizadas e fracionadas em três porções: uma em condição inicial (In), analisada imediatamente; a segunda armazenamento em condições ambiente por seis meses (Am), (temperatura média de 26,4°C e umidade relativa do ar média a 64%), e a terceira armazenamento em condições controladas (temperatura ≤ 10 °C e umidade relativa ≤ 30%), caracterizado como frio (Fr). Após seis meses, as amostras Am e Fr foram submetidas às mesmas análises realizadas na condição inicial, conforme descrito nas subseções de métodos laboratoriais.

Para cada determinação laboratorial, foram retiradas subamostras das respectivas porções correspondentes às condições In, Am e Fr. As repetições utilizadas em cada teste constituíram repetições analíticas provenientes da mesma amostra de cada combinação Campo × Condição, conforme o número e os procedimentos específicos descritos nas respectivas subseções.

Adicionalmente, uma fração da amostra (In) foi encaminhada ao Laboratório de Sementes da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), situado na Rua José Bongiovani, 700, em Presidente Prudente-SP, bloco Q, para desidratação e armazenamento em ultrafreezer a −80 °C, preservando as características originais do material. Posteriormente, essas amostras foram empregadas nas determinações bromatológicas e na quantificação de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), conforme as metodologias descritas nos Tópicos 4.7 e 4.8.

4.1 Pureza

Antes do fracionamento das amostras nas condições inicial (In), ambiente (Am) e frio (Fr), o material foi avaliado no momento do recebimento, incluindo a determinação da pureza física (PUR). Essa análise tem como objetivo quantificar a composição percentual, por peso, dos componentes da amostra, classificando-os em sementes puras, material inerte e outras sementes. Cada amostra foi homogeneizada e reduzida ao peso adequado, conforme as diretrizes estabelecidas por (RAS, 2025), sendo posteriormente separada em até três porções: sementes puras, material inerte e outras sementes.

Cada componente foi pesado e seu percentual calculado utilizando as seguintes fórmulas:

$$\text{Sementes puras (\%) } SP = \frac{SP(g)x\ 100}{Pf} \quad (1)$$

$$\text{Material inerte (\%) } MI = \frac{MI(g)x\ 100}{Pf} \quad (2)$$

$$\text{Outras sementes (\%) } OS = \frac{\mathrm{OS(g)x\ 100}}{Pf} \quad (3)$$

Onde Pf representa o peso total da soma dos três componentes finais.

4.2 Massa de Cem Sementes – (MCS)

Essa análise tem como objetivo determinar o peso de mil sementes para cada amostra recebida. Para essa determinação, foram coletadas oito repetições de 100 sementes, selecionadas aleatoriamente e pesadas em balanças com precisão de três casas decimais. Com os dados obtidos, serão calculados os seguintes parâmetros, conforme RAS (2025):

a) Variância: $[n(\sum x^2) - (\sum x)^2] / n.(n-1)$;
b) Desvio Padrão – S = √variância;
c) Coeficiente de variação – CV = S/média dos resultados.

O peso de mil sementes foi determinado a partir da média de oito repetições, considerando CV inferior a 6%.

4.3 Viabilidade pelo teste de tetrazólio (TZ)

O objetivo dessa análise foi determinar a porcentagem de sementes viáveis (vivas), permitindo inferir o percentual de dormência de um lote por meio da comparação com os resultados do teste de germinação.

A análise foi realizada em duas repetições de 100 sementes, mantidas entre papéis umedecidos por 18 horas para embebição. Após esse período, as sementes foram cortadas ao meio, expondo a porção longitudinal à solução de 0,2% de 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio, mantida em banho-maria a 37 °C por duas horas.

Decorrido esse tempo, os tecidos tingidos do embrião (indicando viabilidade) foram avaliados sob lupa de aumento e classificados como viáveis ou inviáveis, com base na coloração observada (RAS, 2025).

A porcentagem de sementes viáveis foi calculada pela média aritmética das duas repetições.

4.4 Teste de germinação (GER)

O objetivo desta análise foi determinar o potencial máximo de germinação, permitindo a comparação entre lotes e a estimativa do valor de semeadura em campo.

A análise foi realizada com quatro repetições de 100 sementes. Cada repetição foi acondicionada em caixas plásticas transparentes do tipo gerbox, contendo duas folhas de papel mata-borrão previamente umedecidas com um volume de água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso do papel.

As sementes ficaram mantidas em câmaras de germinação do tipo BOD, sob regime alternado de luz e temperatura:

a) 8 horas de luz (3.000 a 4.000 K, conforme ISTA, 2025) e temperatura de 35 ± 2ºC;
b) 16 horas de escuro, à temperatura de 20 ± 2 °C.

As leituras das plântulas normais foram realizadas a cada 7 dias, até completar 28 dias de avaliação, conforme RAS (2025). O resultado da germinação foi obtido pela média aritmética do número de plântulas normais em cada uma das quatro repetições.

4.5 Índice de velocidade de germinação (IVG)

O Índice de Velocidade de Germinação (IVG) tem como objetivo avaliar a rapidez da germinação e o estabelecimento das plântulas. O cálculo foi realizado conforme a metodologia adaptada de Maguire (1962), utilizando o número de plântulas germinadas em cada leitura do teste de germinação, realizada aos 7, 14 e 21 dias após a semeadura.

$$\text{IVG} = \frac{gi}{ni} + \cdots + \frac{gn}{nn}$$

Em que *g* corresponde ao número de sementes germinadas em cada data de avaliação, sem considerar os valores acumulados das avaliações anteriores, e *n* representa o número de dias decorridos desde a semeadura até a respectiva avaliação. Os resultados do índice de velocidade de germinação (IVG) foram expressos pela média das repetições.

4.6 Teor de água (TA)

O teor de água das sementes foi determinado pelo método da estufa, conforme as recomendações das Regras para Análise de Sementes (RAS) vigentes no RAS (2025). A análise foi realizada com duas repetições por amostra, utilizando uma estufa com circulação de ar forçada, mantida a uma temperatura de 130 a 133 °C por uma hora, com o objetivo de remover toda a água contida nas sementes.

O teor de água (%) foi calculado pela fórmula:

$$\%\ \text{de Umidade} = TA\% \frac{100.(P-p)}{P-t} \quad (4)$$

Onde:

P = Peso inicial (recipiente + tampa + semente);

p = Peso final (recipiente + tampa + semente seca);

t = Tara (peso do recipiente + tampa).

O resultado foi expresso em porcentagem, representando a umidade presente nas sementes antes da secagem.

4.7 Condutividade elétrica (CE)

O teste de condutividade elétrica (CE) tem como objetivo avaliar indiretamente o grau de integridade das sementes, com base na quantidade de íons lixiviados durante o processo de embebição.

Uma porção de 200 sementes foi lavada com água ultrapura por 30 segundos para remover possíveis partículas de solo aderidas, especialmente quando a colheita foi realizada pelo método de varredura do solo. Após a lavagem, as sementes foram secas à temperatura ambiente por 18 horas, (adaptado de Batista *et al.*, 2018).

A análise foi conduzida com quatro repetições, cada uma com 50 sementes. Cada repetição foi acondicionada em copos plásticos contendo 75 mL de água ultrapura e mantida em câmara BOD a 25 °C por 24 horas. Após esse período, a leitura da condutividade elétrica ($\mu S \cdot g^{-1}$) foi realizada com um condutivímetro Lutron, modelo CD-4303.

O valor obtido foi dividido pelo peso das sementes de cada repetição, resultando em valores expressos em $\mu S \cdot g^{-1}$, permitindo a comparação entre as amostras. O resultado final foi determinado pela média aritmética das quatro repetições de cada amostra.

4.8 Teor de peróxido de hidrogênio (H_2O_2)

A determinação do teor de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) foi realizada com base no método descrito por Alexieva *et al*. (2001), com o objetivo de quantificar esse composto nas sementes, sendo os resultados expressos em mM g^{-1} de semente.

Para a extração, amostras de 0,3 g de sementes foram maceradas em tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,8), na proporção de 100 mg mL^{-1} (m/v). Os extratos obtidos foram transferidos para microtubos e centrifugados a 10.000 rpm por 10 minutos, a 10 °C. Em seguida, ao sobrenadante foram adicionados 10 µL de ácido tricloroacético (TCA) a 5% e 2 mL de iodeto de potássio (KI) 1 M.

A mistura foi mantida em gelo e ao abrigo da luz por 1 hora, sendo posteriormente mantida por mais 60 minutos em temperatura ambiente, também em condições de ausência de luz, para estabilização da reação.

A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 390 nm, utilizando-se curva padrão previamente construída com concentrações conhecidas de peróxido de hidrogênio.

4.9 Teor de Proteína Bruta - PB

O teor de proteína das amostras foi determinado indiretamente por meio da análise do nitrogênio total, utilizando o método de Kjeldahl, conforme os métodos oficiais da AOAC (1995), aplicando-se o fator de conversão 6,25 para a estimativa da proteína bruta. Foram analisadas amostras de 100 mg por tratamento.

4.10 Dados climatológicos

As informações meteorológicas referentes à temperatura do ar, radiação global (mínima, média e máxima), à precipitação acumulada foram obtidas na plataforma NASA POWER, com base nas datas registradas nos questionários aplicados, considerando o intervalo compreendido entre o plantio e a colheita das cultivares avaliadas.

A classificação climática dos campos foi realizada segundo o sistema de Köppen, com base nos critérios apresentados por Alvares *et al*. (2013). A partir dos dados de temperatura e precipitação, todos os campos foram classificados como Aw, correspondente ao clima tropical de savana, com estação seca no inverno.

4.11 Reanálise e pós-armazenamento

Seis meses após as análises iniciais (In), as amostras armazenadas em condições ambientais (Am) e frio (Fr) em temperatura ≤ 10 °C e umidade relativa ≤ 30%, foram reavaliadas quanto ao teor de água, germinação, índice de velocidade de germinação, viabilidade, condutividade elétrica e teor de peróxido de hidrogênio, teor de proteína.

4.12 Análise estatística

As análises foram realizadas no software R (versão 4.5.1), com apoio dos pacotes car, agricolae, tidyverse, ggplot2, ggpubr, ScottKnott, FactoMineR e factoextra. As variáveis foram analisadas individualmente, considerando o arranjo fatorial Campo × Condição. O número de repetições por variável foi: CE (n = 4), H_2O_2 (n = 6), índice de velocidade de germinação (IVG) (n = 4), massa de mil sementes (PMS) (n = 8) e germinação (n = 4). Para proteína bruta (PB), quando n = 1, e teor de água (TA) e tetrazolio (TZ) n = 2 por combinação Campo × Condição, os resultados foram apresentados de forma descritiva, sem inferência por ANOVA.

A validade dos pressupostos da ANOVA foi verificada por meio dos testes de Shapiro–Wilk (normalidade dos resíduos) e Levene (homogeneidade das variâncias). Quando ambos apresentaram $p > 0,05$, considerou-se que os pressupostos foram atendidos, garantindo a consistência das inferências. Em casos de pequenos desvios de normalidade, a robustez do modelo foi mantida em função do delineamento experimental balanceado e do número uniforme de observações, assegurando estabilidade dos resultados e confiabilidade estatística.

A significância dos fatores e das interações foi avaliada por meio da análise de variância (ANOVA), com reporte dos valores de graus de liberdade (GL), soma de quadrados (SQ), quadrado médio (QM), estatística F e valor de *p*. Quando identificada interação significativa ($p < 0,05$), procedeu-se ao desdobramento dos efeitos e à comparação de médias pelo teste de Scott–Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

A precisão das estimativas foi reforçada pela inclusão dos intervalos de confiança de 95% (IC95%) e pela apresentação de gráficos de barras e boxplots contendo letras indicativas de significância estatística e erro-padrão da média (EP).

Para avaliar a associação entre as variáveis de qualidade fisiológica, os fatores climáticos e as práticas de manejo, foi empregada a Análise de Componentes Principais (Principal Component Analysis – PCA), utilizando os pacotes FactoMineR e factoextra. Previamente à análise, as variáveis quantitativas foram padronizadas (média igual a zero e desvio-padrão igual a um), devido às diferenças de escala e unidades de medida, sendo utilizada a matriz de correlação. A PCA teve como objetivo reduzir a dimensionalidade dos dados e identificar os principais gradientes de variação entre os campos de produção, bem como a associação entre as variáveis estudadas.

A interpretação dos componentes principais baseou-se na proporção da variância explicada por cada eixo e na contribuição das variáveis para sua formação. Nos biplots, a direção e o comprimento dos vetores foram utilizados para interpretar

as associações entre as variáveis, sendo vetores na mesma direção indicativos de associação positiva, vetores em direções opostas indicativos de associação negativa e vetores aproximadamente ortogonais representativos de baixa associação. Para a interpretação das correlações de Pearson, foram consideradas associações fortes aquelas com coeficiente de correlação absoluto igual ou superior a 0,80 ($r \geq 0,80$).

O fator Campo representou cada campo de produção (lote) avaliado, caracterizado por histórico específico de manejo agronômico e condições edafoclimáticas próprias, conforme descrito nas Tabelas 1, 2 e 3.

4.13 Contribuições do estudo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Os resultados deste estudo apresentam potencial contribuição para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente aqueles relacionados à produção agropecuária sustentável, à adaptação às condições climáticas e ao uso eficiente dos recursos naturais. Nesse contexto, o estudo relaciona-se aos seguintes ODS:

ODS 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável: ao gerar informações sobre a qualidade fisiológica de sementes de forrageiras tropicais e seu desempenho em diferentes condições de produção e armazenamento, contribuindo para maior eficiência no estabelecimento das pastagens.

ODS 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima: ao avaliar as relações entre condições edafoclimáticas dos ambientes de produção e a qualidade fisiológica das sementes, fornecendo informações relevantes para o manejo da produção diante da variabilidade climática.

ODS 15 – Vida Terrestre: ao contribuir para estratégias de estabelecimento e manejo de pastagens que favoreçam o uso mais eficiente das áreas produtivas e possam auxiliar na recuperação e manutenção da capacidade produtiva das pastagens.

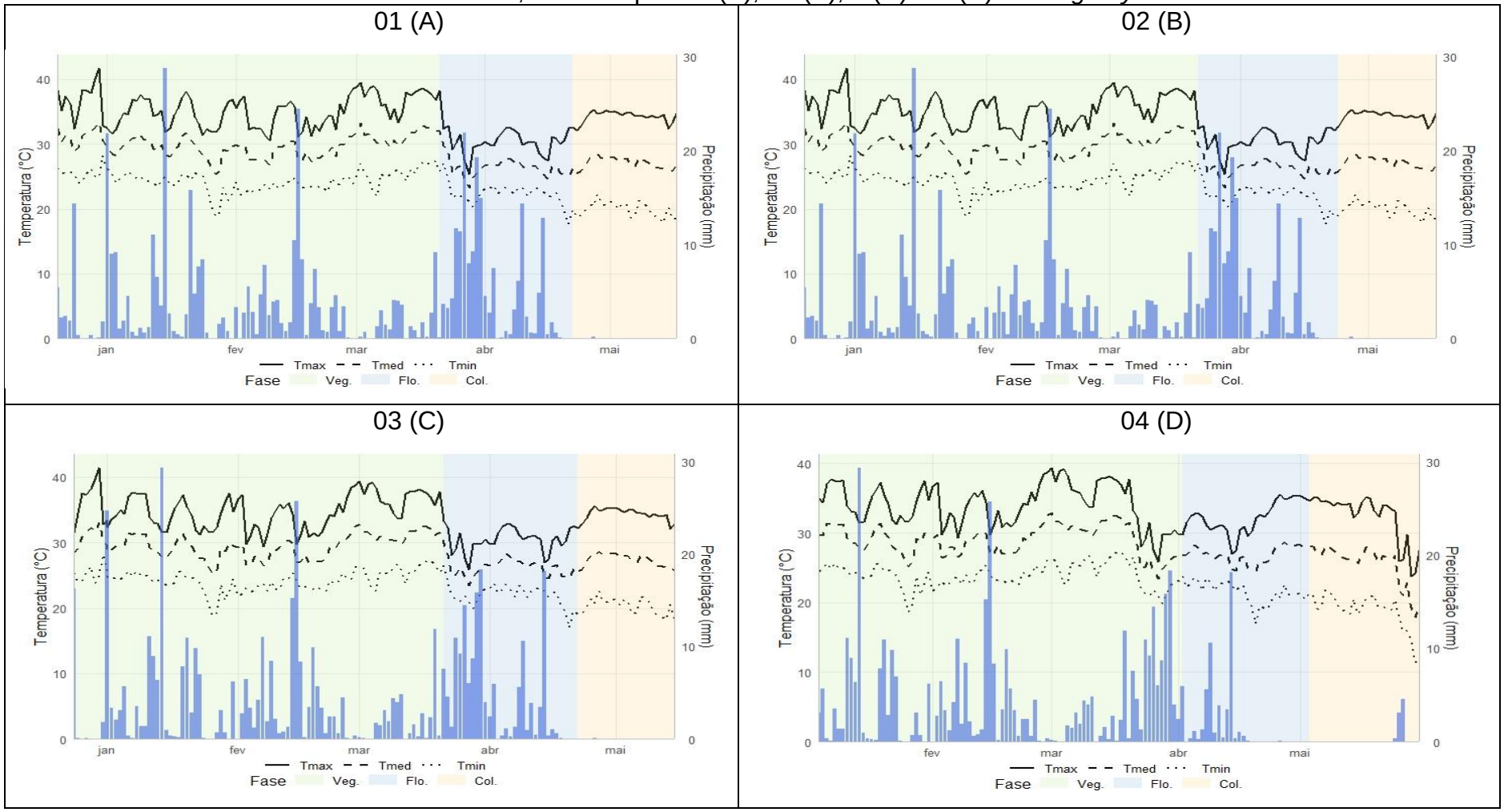
5 RESULTADOS

5.1 Caracterização do clima

5.1.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai

Os dados geográficos e climáticos de produção da cultivar Massai evidenciou comportamento sazonal semelhante entre os materiais avaliados, com distinção relativamente clara entre as fases vegetativa, de florescimento e de colheita. De modo geral, a fase vegetativa concentrou as maiores temperaturas máximas e médias, associadas à ocorrência recorrente de eventos de precipitação ao longo do período. Esse padrão foi observado de forma mais evidente, os quais apresentaram distribuição de chuvas desde o início do ciclo até a transição para a fase reprodutiva (Figura 2).

Figura 2 – Precipitação e temperaturas ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura, com indicação das fases vegetativa, de florescimento e de colheita, nos Campos 01 (A), 02 (B), 3 (C) e 4 (D) de *Megathyrsus maximus* cv. Massai.



Legenda: Tmax = temperatura máxima; Tmed = temperatura média; Tmin = temperatura mínima; Veg. = fase vegetativa; Flo. = fase de florescimento; Col. = fase de colheita.
Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

A radiação global incidente média da cultivar Massai (Tabela 4) apresentou variação entre as fases fenológicas e entre os campos avaliados. Na fase vegetativa, os Campos 01, 02 e 03 exibiram valores muito próximos, variando de (23,13 a 23,14 MJ m^{-2} dia^{-1}), enquanto o Campo 04 apresentou média inferior, de (21,82 MJ m^{-2} dia^{-1}). No florescimento, observou-se redução da radiação nos Campos 01, 02 e 03, cujas médias variaram de 16,60 a 16,69 MJ m^{-2} dia^{-1}, enquanto o Campo 04 apresentou valor mais elevado, de (18,62 MJ m^{-2} dia^{-1}).

Na fase de colheita, os Campos 01, 02 e 03 registraram médias entre (18,85 e 19,08 MJ m^{-2} dia^{-1}), superiores às observadas no florescimento. Em contraste, o Campo 04 apresentou média de 16,00 MJ m^{-2} dia^{-1}, inferior à dos demais campos e também inferior ao seu próprio valor no florescimento. De modo geral, os resultados evidenciam elevada similaridade entre os Campos 01, 02 e 03, enquanto o Campo 04 apresentou comportamento distinto ao longo do ciclo.

Tabela 4 – Radiação global incidente média (MJ m^{-2} dia^{-1}) por fase fenológica da cultivar Massai em diferentes campos.

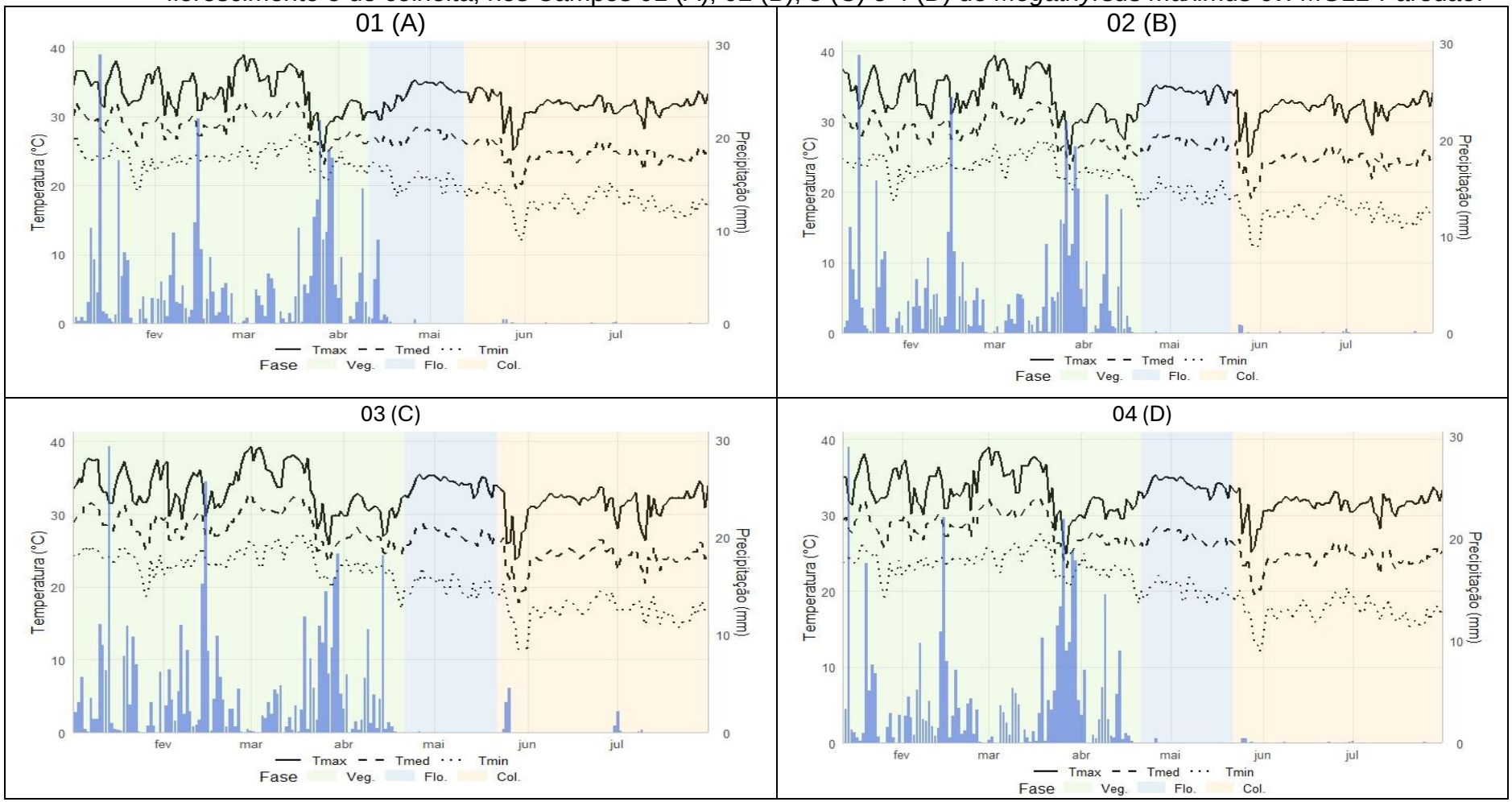
Campo	Vegetativo	Florescimento	Colheita
01	23,13	16,69	19,08
02	23,14	16,62	18,85
03	23,13	16,60	19,03
04	21,82	18,62	16,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

5.1.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12 Paredão

A caracterização climática dos campos de produção de ‘MG12 Paredão’ evidenciou padrão sazonal semelhante entre os ambientes avaliados, com distinção clara entre as fases vegetativa, de florescimento e de colheita. De modo geral, os gráficos mostram que a fase vegetativa concentrou a maior parte dos eventos de precipitação, com manutenção de chuvas ainda no início do florescimento. Em contraste, a fase de colheita foi marcada por precipitação muito baixa ou praticamente ausente na maior parte do período. Quanto à temperatura, observou-se tendência de redução das máximas, médias e mínimas ao longo do ciclo, sendo a colheita realizada em ambiente termicamente mais ameno do que o verificado na fase vegetativa. Esse comportamento foi visualmente consistente entre os quatro campos (Figura 3).

Figura 3 – Precipitação e temperaturas ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura, com indicação das fases vegetativa, de florescimento e de colheita, nos Campos 01 (A), 02 (B), 3 (C) e 4 (D) de *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão.



Legenda: Tmax = temperatura máxima; Tmed = temperatura média; Tmin = temperatura mínima; Veg. = fase vegetativa; Flo. = fase de florescimento; Col. = fase de colheita.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

A radiação global incidente média (Tabela 5) variou entre as fases fenológicas da cultivar MG12 Paredão, com redução progressiva do período vegetativo para a colheita. Na fase vegetativa, os maiores valores foram observados no Campo 01 (21,50 MJ m^{-2} dia^{-1}), seguido pelos Campos 03 (21,17 MJ m^{-2} dia^{-1}), 06 (20,89 MJ m^{-2} dia^{-1}) e 04 (20,75 MJ m^{-2} dia^{-1}). No florescimento, as médias foram mais homogêneas, variando de (18,61 a 18,69 MJ m^{-2} dia^{-1}). Na colheita, observou-se novo decréscimo da radiação, com valores entre (14,93 e 15,19 MJ m^{-2} dia^{-1}), mantendo-se o Campo 01 com a maior média.

De forma geral, os dados mostram uma redução da radiação disponível ao longo do ciclo e uma baixa variação entre campos dentro de cada fase, sobretudo no florescimento e na colheita, o que indica alta similaridade ambiental quanto à disponibilidade radiação.

Tabela 5 – Radiação global incidente média (MJ m^{-2} dia^{-1}) por fase fenológica da cultivar MG12 Paredão em diferentes campos.

Campo	Vegetativo	Florescimento	Colheita
01	21,50	18,61	15,19
02	20,89	18,69	14,93
03	21,17	18,69	14,93
04	20,75	18,69	14,93

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

5.1.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui

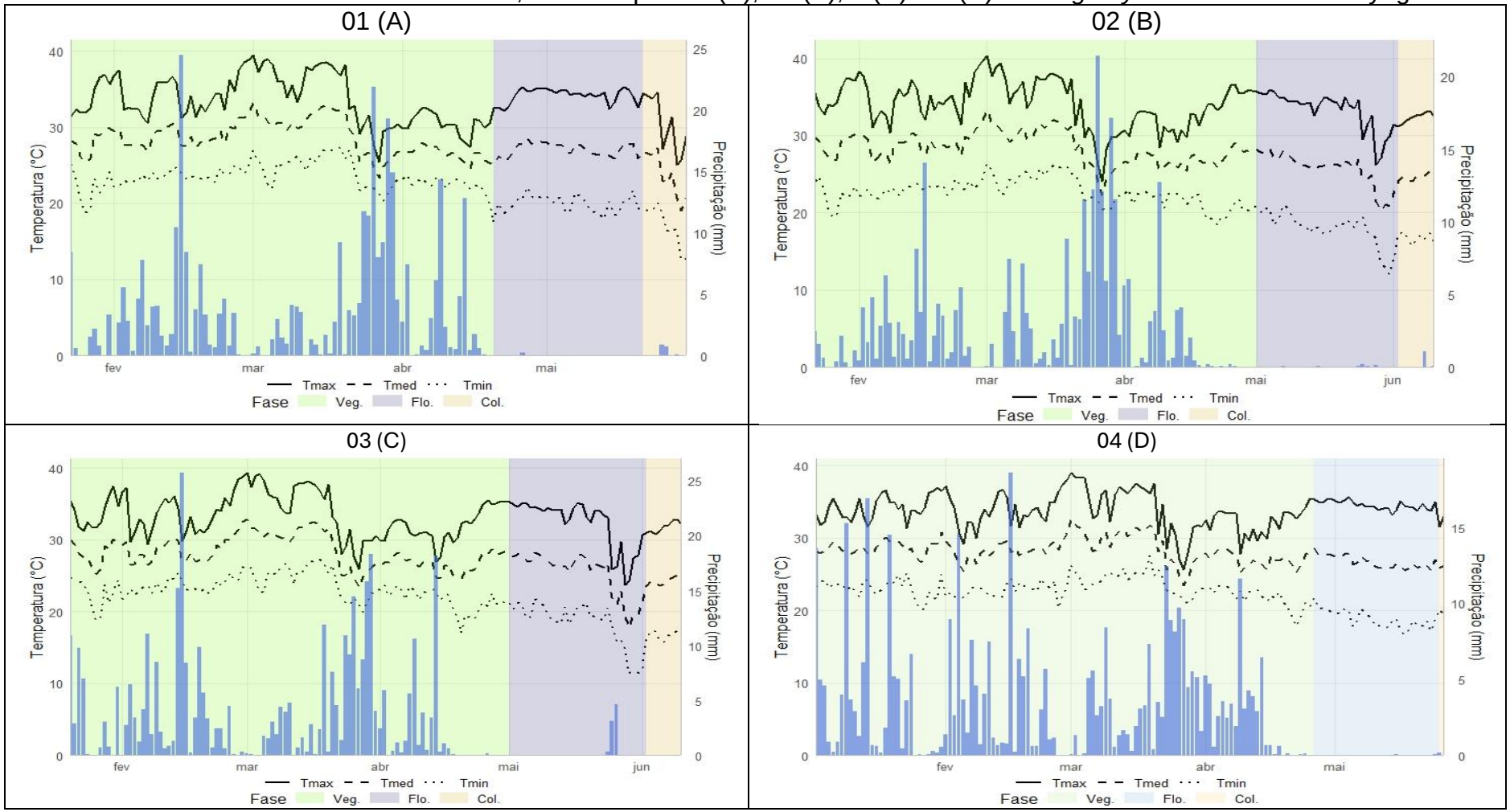
As condições ambientais de produção da cultivar Miyagui mostraram padrão geral semelhante entre os ambientes avaliados, com distinção entre as fases vegetativa, de florescimento e de colheita.

De modo geral, os gráficos indicam que a fase vegetativa concentrou maior frequência de eventos de precipitação, com manutenção de chuvas ainda no início da fase reprodutiva. Nos Campos 01, 02 e 03, a colheita ocorreu sob precipitação muito baixa ou praticamente inexistente. Para essa cultivar, o início da colheita foi definido quando aproximadamente 10% das sementes apresentavam desprendimento natural das panículas, critério adotado para indicar o ponto adequado de maturação. Paralelamente, observou-se redução progressiva das temperaturas ao longo do ciclo,

sobretudo das temperaturas médias e mínimas, caracterizando ambiente mais ameno na fase final.

Entre os campos, os maiores níveis de similaridade climática foram observados entre os Campos 01, 02 e 03, que compartilharam comportamento térmico e pluviométrico semelhante, apesar das diferenças no calendário fenológico. O Campo 04, por sua vez, distinguiu-se pelo encurtamento do período avaliado e pela menor duração da fase final do ciclo. Esses comportamentos foram visualmente consistentes entre os quatro campos (Figura 4).

Figura 4 – Precipitação e temperaturas ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura, com indicação das fases vegetativa, de florescimento e de colheita, nos Campos 01 (A), 02 (B), 3 (C) e 4 (D) de *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui.



Legenda: Tmax = temperatura máxima; Tmed = temperatura média; Tmin = temperatura mínima; Veg. = fase vegetativa; Flo. = fase de florescimento; Col. = fase de colheita.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

A radiação global incidente média da cultivar Miyagui (Tabela 6) variou entre as fases fenológicas e entre os campos avaliados. Na fase vegetativa, os valores foram relativamente homogêneos, com médias de (20,68 MJ m^{-2} dia^{-1}) no Campo 01 (20,24 MJ m^{-2} dia^{-1}) no Campo 02 (20,57 MJ m^{-2} dia^{-1}) no Campo03 e (20,73 MJ m^{-2} dia^{-1}) no Campo 04. No florescimento, observou-se maior variação entre os campos, com médias de (18,69, 16,69, 16,16 e 19,20 MJ m^{-2} dia^{-1}) nos Campos 01, 02, 04 e 04, respectivamente.

Na colheita, os valores foram inferiores aos observados na fase vegetativa em todos os campos, com médias de (14,93 MJ m^{-2} dia^{-1}) no Campo 01, (16,32 MJ m^{-2} dia^{-1}) no Campo 02, (15,29 MJ m^{-2} dia^{-1}) no Campo 03 e (11,38 MJ m^{-2} dia^{-1}) no Campo04. De modo geral, os dados mostram redução da radiação ao longo do ciclo, embora com comportamento distinto entre os campos, especialmente no Campo 04.

Tabela 6 – Radiação global incidente média (MJ m^{-2} dia^{-1}) por fase fenológica da cultivar Miyagui em diferentes campos.

Campo	Vegetativo	Florescimento	Colheita
01	20,68	18,69	14,93
02	20,24	16,69	16,32
03	20,57	16,16	15,29
04	20,73	19,20	11,38

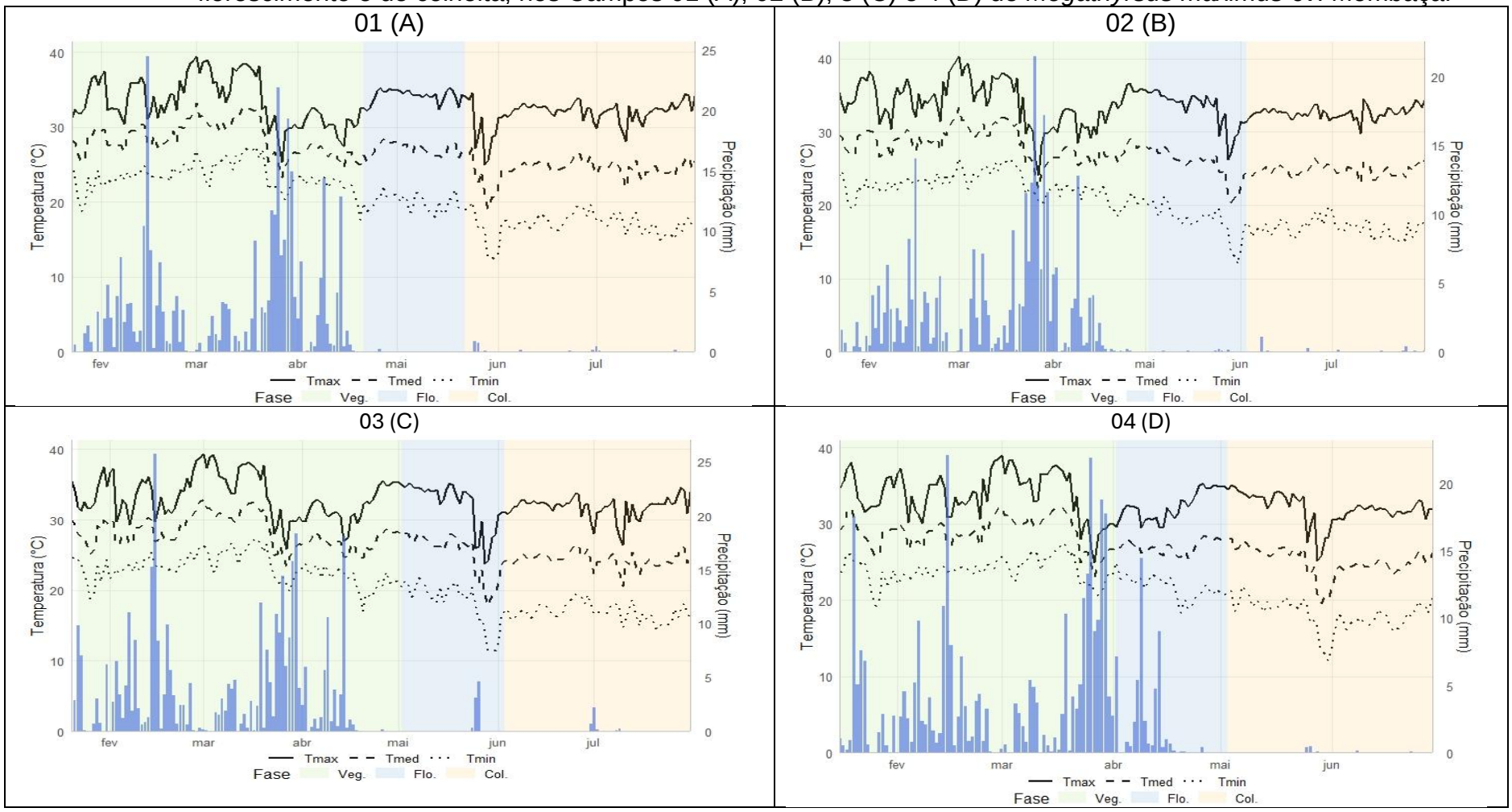
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

5.1.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça

A caracterização climática dos campos de produção da cultivar Mombaça evidenciou padrão geral homogêneo entre os ambientes avaliados.

Os gráficos mostram que a fase vegetativa concentrou a maior frequência de eventos de precipitação, com manutenção de chuvas ainda no início do florescimento. Na fase de colheita, a precipitação foi muito baixa ou praticamente ausente. Quanto à temperatura, observou-se redução progressiva das máximas, médias e mínimas ao longo do ciclo, indicando ambiente mais ameno na fase final. Esse comportamento foi consistente entre os quatro campos (Figura 5).

Figura 5 – Precipitação e temperaturas ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura, com indicação das fases vegetativa, de florescimento e de colheita, nos Campos 01 (A), 02 (B), 3 (C) e 4 (D) de *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça.



Legenda: Tmax = temperatura máxima; Tmed = temperatura média; Tmin = temperatura mínima; Veg. = fase vegetativa; Flo. = fase de florescimento; Col. = fase de colheita.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

A radiação global incidente média da cultivar Mombaça (Tabela 7) apresentou comportamento homogêneo entre os campos avaliados. Na fase vegetativa, os valores variaram de (21,42 MJ m^{-2} dia^{-1}) no Campo 03 a (21,63 MJ m^{-2} dia^{-1}) no Campo 01, com médias intermediárias de (21,46 e 21,54 MJ m^{-2} dia^{-1}) nos Campos 02 e 04, respectivamente. No florescimento, não foi observada variação entre os campos, todos com média de (18,62 MJ m^{-2} dia^{-1}).

Na colheita, verificou-se redução da radiação em todos os campos, com médias de (15,84 MJ m^{-2} dia^{-1}) nos Campos 01, 03 e 04, enquanto o Campo 02 apresentou valor ligeiramente superior, de (16,99 MJ m^{-2} dia^{-1}). De modo geral, os resultados evidenciam elevada uniformidade entre os campos, com decréscimo da radiação da fase vegetativa para a colheita.

Tabela 7 – Radiação global incidente média (MJ m^{-2} dia^{-1}) por fase fenológica da cultivar Mombaça em diferentes campos.

Campo	Vegetativo	Florescimento	Colheita
01	21,63	18,62	15,84
02	21,46	18,62	16,99
03	21,42	18,62	15,84
04	21,54	18,62	15,84

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

5.2 Pureza

Conforme demonstrado na Tabela 8, as cultivares Massai e MG-12 Paredão apresentaram variação no percentual de pureza física. Para a cultivar Massai, os valores variaram entre 51,2% e 72,2%, enquanto para a MG12-Paredão os índices oscilaram de 62,2% a 76,6%. Ainda assim, ambas as cultivares apresentaram pureza compatível com os valores mínimos preconizados pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2025) para fins de comercialização.

As amostras das cultivares Miyagui e Mombaça conforme a tabela 08 apresentaram diferenças significativas nos percentuais de pureza física. Para a cultivar Miyagui, os valores variaram entre 76,0% e 93,0%. Já para a cultivar Mombaça, observou-se uma variação mais ampla, com valores entre 55,8% e 74,6%.

Os resultados obtidos para a cultivar Miyagui evidenciam um padrão de pureza superior em relação a outros cultivares, o que pode estar associado ao método de

colheita das sementes, uma vez que essa cultivar é colhida diretamente no cacho, secada em terreno com superfície limpa, resultando em menor presença de impurezas.

Tabela 8 – Os resultados da análise inicial de pureza física das amostras. Essa análise foi realizada uma única vez, antes do armazenamento, e somente a fração de sementes puras foi mantida para as avaliações posteriores. Assim, os valores apresentados não representam alterações da pureza durante o armazenamento.

Cultivar	Amostra	Pu (%)	Cultivar	Amostra	Pu (%)
Massai	01	65,8	MG-12 Paredão	01	71,6
Massai	02	72,2	MG-12 Paredão	02	62,2
Massai	03	51,2	MG-12 Paredão	03	76,6
Massai	04	71,2	MG-12 Paredão	04	72,5
Miyagui	01	76,0	Mombaça	01	67,4
Miyagui	02	91,3	Mombaça	02	74,6
Miyagui	03	82,2	Mombaça	03	55,8
Miyagui	04	93,0	Mombaça	04	68,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

5.3 Teor de água (TA) e tetrazólio (TZ)

5.3.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai

Para a cultivar Massai, o teor de água (TA) (Tabela 9), médio na condição inicial “In” foi de 8,82%, reduzindo para 8,73% em ambiente “Am” e 8,49% em armazenamento a “Fr”. A comparação entre “Am” e In indicou redução de 0,09 p.p (−1,04%), enquanto “Fr” apresentou redução mais acentuada de 0,33 p.p (−3,74%). Em relação a “Am”, o TA em “Fr” foi inferior em 0,24 p.p (−2,73%).

A análise por campo evidenciou variabilidade no comportamento do TA. Em “Am”, os Campos 01, 02 e 03 apresentaram redução em relação à condição inicial (−1,27% a −2,82%), enquanto o Campo 04 apresentou incremento de 0,10 ponto percentual (+1,18%). Na condição “Fr”, todos os campos apresentaram redução de TA em relação a “In”, variando de −2,17% do Campo 04 a −5,03% do Campo 01.

Para o teste de tetrazólio (TZ) (Tabela 9), a média na condição “In” foi de 91,38%, reduzindo para 82,75% em “Am” e 88,25% em “Fr”. A redução foi mais acentuada em “Am” (−8,63 p.p.; −9,44%) do que em “Fr” (−3,13 p.p.; −3,42%). Comparando “Am” e “Fr”, observou-se valor superior de TZ em ‘’Fr” (+5,50 p.p.; +6,65%).

Entre os campos, o Campo 1 apresentou redução de TZ de 92,5% para 75,0% em “Am”, seguida de incremento para 94,0% em “Fr”. Considerando a média geral das condições, o maior valor foi observado no Campo 3 (88,33%) e o menor no Campo 2 (86,83%).

5.3.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12 Paredão

Para a cultivar MG-12 Paredão, o teor de água (TA) (Tabela 9), médio na condição inicial “In” foi de 9,06%, reduzindo para 8,91% em ambiente “Am” e 8,65% em armazenamento a “Fr”. Em relação à condição “In”, a redução foi de 0,15 ponto percentual (−1,65%) em “Am” e de 0,41 p.p (−4,55%) em “Fr”. Na comparação entre “Fr” e “Am”, o TA foi 0,26 p.p inferior em “Fr” (−2,94%).

A análise por campo mostrou variação no comportamento do TA. Em “Am”, observou-se incremento no Campo 01 de 0,05 p.p (+0,61%), enquanto os demais campos apresentaram redução, com maior queda no Campo 02 (−0,29 p.p.; −3,11%). Em “Fr”, todos os campos reduziram o TA em relação à condição inicial, com variação de −3,21% no Campo 03 a −5,74% no Campo 04.

Para o teste de tetrazólio (TZ) (Tabela 9), a média na condição inicial foi de 83,00%, reduzindo para 71,25% em Am. Em “Fr”, a média foi de 83,25%, valor semelhante ao inicial e superior ao observado em Am. A diferença entre “Fr” e “Am” foi de 12,00 p.p (+16,84%).

Entre os campos, o Campo 04 apresentou o maior valor inicial de TZ (89,5%), com redução para 69,0% em “Am” e manutenção de valor próximo ao inicial em “Fr” (89,0%). O Campo 01 apresentou incremento de TZ em “Fr”, passando de 76,5% para 93,0%. Considerando a média das três condições, os maiores valores de TZ foram observados nos Campos 04 (82,50%) e 01 (82,17%), enquanto o Campo 02 apresentou o menor valor médio (75,33%).

5.3.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui

A cultivar Miyagui, o teor de água (TA) (Tabela 9), médio na condição inicial In foi de 9,33%, reduzindo para 9,27% em ambiente “Am” e 9,06% em armazenamento refrigerado “Fr”. Em relação à condição In, a redução foi de 0,06 ponto percentual

(−0,62%) em “Am” e de 0,26 p.p (−2,82%) em “Fr”. Entre as cultivares avaliadas, Miyagui apresentou a menor variação média de TA entre “In” e “Am”.

A análise por campo mostrou pequenas diferenças em “Am” em relação à condição inicial, com menor redução no Campo 02 (−0,06%) e maior no Campo 01 (−1,26%). Em “Fr”, o Campo 03 apresentou discreto incremento de TA (+0,01 p.p.; +0,11%), enquanto os demais campos apresentaram redução, com maior decréscimo no Campo 01 (−5,44%). Considerando apenas as perdas em “Fr”, o Campo 04 apresentou a menor redução (−1,14%).

Para o teste de tetrazólio (TZ) (Tabela 9), a média na condição inicial foi de 87,38%, reduzindo para 79,00% em “Am” e 81,50% em “Fr”. Em comparação com “In”, a redução foi de 8,38 p. p em “Am” (−9,58%) e de 5,88 p.p em “Fr” (−6,72%). Em relação a “Am”, observou-se valor superior de TZ em “Fr” (+2,50 p.p.; +3,16%), sem retorno ao nível inicial.

Entre os campos, o Campo 04 apresentou a menor redução de TZ em “Fr” em relação à condição inicial, passando de 87,5% para 85,0%, enquanto o Campo 01 registrou a maior redução, de 85,5% para 76,0%. Considerando a média das três condições, o maior valor de TZ foi observado no Campo 03 (85,17%) e o menor no Campo 01 (78,83%).

5.3.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça

Para a cultivar Mombaça, o teor de água (TA) (Tabela 9), médio na condição inicial “In” foi de 9,90%, reduzindo para 8,98% em ambiente “Am” e 8,90% em armazenamento frio “Fr”. Em relação à condição In, as reduções foram de 0,93 ponto percentual (−9,33%) em “Am” e de 1,01 p.p (−10,17%) em “Fr”. Entre as cultivares avaliadas, Mombaça apresentou a maior redução média de TA, influenciada principalmente pelo Campo 04, que apresentou teor inicial superior aos demais (11,73%).

A análise por campo demonstrou uma ampla variação na resposta do TA. Em “Am”, a menor redução foi observada no Campo 02 (−0,86%), seguida pelo Campo 01 (−2,83%), enquanto o Campo 04 apresentou a maior redução (−23,97%). Em “Fr”, a menor redução ocorreu no Campo 01 (−1,64%) e a maior novamente no Campo 04 (−25,14%). Assim, os Campos 01 e 02 apresentaram maior estabilidade de TA,

enquanto o Campo 04 apresentou a maior variação em ambas as condições de armazenamento.

No teste de tetrazólio (TZ) (Tabela 9), a média na condição “In” foi de 90,75%, reduzindo para 84,25% em Am e 87,75% em “Fr”. As reduções em relação à condição inicial foram de 6,50 p. p (−7,16%) em “Am” e de 3,00 p.p (−3,31%) em “Fr”. Comparando “Am” e “Fr”, observou-se valor superior de TZ em “Fr” (+3,50 p.p.; +4,15%).

Entre os campos avaliados, o Campo 04 apresentou redução acentuada de TA em “Am” e “Fr”, enquanto o TZ permaneceu inalterado em “Am” (88,0%) e reduziu para 81,0% em “Fr”. O Campo 03 apresentou reduções moderadas de TA, acompanhadas da maior redução de TZ em Am, de 90,5% para 78,0%, com recuperação parcial em “Fr”, para 88,0%. Considerando a média das três condições, o maior valor de TZ foi observado no Campo 01 (92,83%) e o menor no Campo 03 (85,50%), com valor próximo no Campo 04 (85,67%).

Tabela 9 – Teor de água (TA), Teste de Tetrazólio (TZ) e Teor de Proteína (PB) de *Megathyrsus maximus*, em diferentes sistemas de produção e condições de armazenamento: In (Inicial), Am (Ambiente) e Fr (Frio).

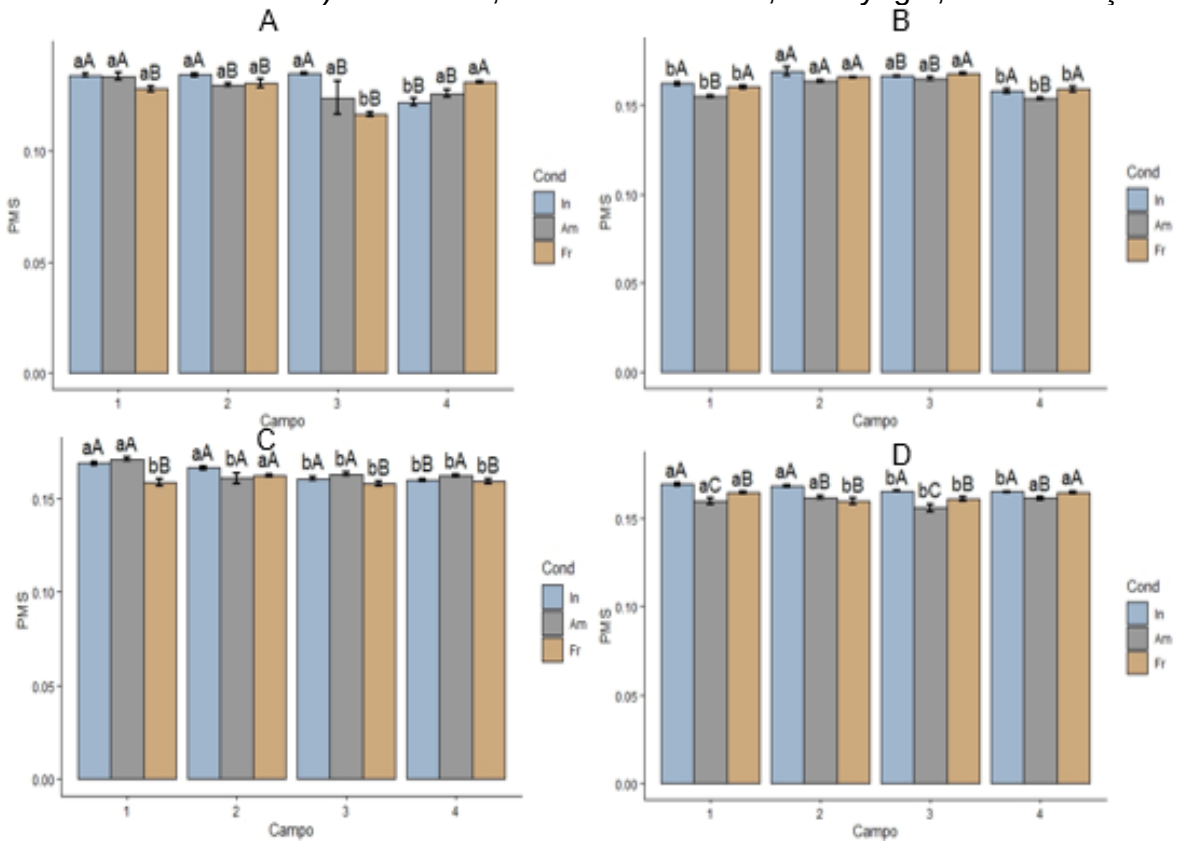
Cultivar	**Campo**	**In**		**AM**		**Fr**		**In**	**AM**	**Fr**
		TA(%)	**TZ(%)**	**TA(%)**	**TZ(%)**	**TA(%)**	**TZ(%)**	**PB(%)**	**PB(%)**	**PB(%)**
Massai	01	8,92	92aA	8,81	75bB	8,47	94aA	20,69	20,26	19,41
	02	8,92	92aA	8,81	82aB	8,67	86bB	20,34	19,42	19,28
	03	8,65	89aA	8,41	87aA	8,22	89aA	21,94	20,59	20,59
	04	8,78	91aA	8,89	87aA	8,59	84bB	20,61	20,91	20,47
MG12 Paredão	01	8,85	76bB	8,90	77aB	8,47	93aA	17,43	17,27	17,24
	02	9,17	84aA	8,89	67aB	8,64	75cB	16,86	15,96	16,78
	03	9,01	82bA	8,78	72aB	8,72	76cB	16,82	16,99	16,79
	04	9,23	89aA	9,09	69aC	8,78	89bB	16,89	16,63	16,55
Miyagui	01	9,33	85aA	9,21	75aB	8,82	76aA	13,75	13,34	13,31
	02	9,56	86aA	9,56	78aB	9,12	82aA	16,96	17,01	16,87
	03	9,13	90aA	9,05	82aB	9,14	83aB	15,01	14,86	15,81
	04	9,29	87aA	9,26	81aA	9,18	85bA	16,12	16,14	16,10
Mombaça	01	9,33	95aA	9,06	88aB	9,18	95aA	15,73	16,66	16,02
	02	9,27	89bA	9,19	83aA	8,95	87bA	15,10	15,14	15,01
	03	9,30	90aA	8,75	78bB	8,68	88bA	17,37	17,12	17,42
	04	11,72	88bA	8,91	88aA	8,77	81bA	16,65	15,75	15,70

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Legenda: O teste de comparação de tetrazólio foi avaliado com base nos critérios de tolerância da Tabela 5.2 das *Regras para Análise de Sementes* (Brasil, 2025). Letras minúsculas indicam a comparação entre campos dentro de cada condição; letras maiúsculas, a comparação entre condições dentro de cada campo. As letras foram atribuídas manualmente conforme os critérios de tolerância e não representam diferenças estatísticas.

5.4 Massa de Cem Sementes (MCS)

Figura 6 – Massa de Cem sementes (MCS) das cultivares de *Megathyrsus maximus* sob diferentes condições de armazenamento (In: inicial; Am: ambiente; Fr: frio). A: Massai; B: MG12-Paredão; C: Miyagui; D: Mombaça.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).
Legenda: Letras minúsculas distintas indicam diferenças estatísticas entre os campos de cada condição. Letras maiúsculas distintas indicam diferenças estatísticas entre as condições dentro de cada campo. A barra de erros indica o erro padrão da média (n=4). Teste Scott-Knott (p≤0,05).

5.4.1 *Megathyrsus maximus* cv Massai

Para a cultivar *Megathyrsus maximus* cv. Massai, a massa de cem sementes (MCS) apresentou efeito significativo dos fatores Campo, Condição de armazenamento e da interação Campo × Condição (Figura 6).

Em função da significância da interação, realizou-se o desdobramento dos efeitos. Na condição inicial “In”, os Campos 01, 02 e 03 apresentaram maiores valores de (MCS), sem diferença entre si, enquanto o Campo 4 apresentou valor inferior. Na condição ambiente “Am”, não foram observadas diferenças significativas entre os campos, evidenciando uniformidade da MCS nessa condição. Já na condição “Fr”, os

Campos 01, 02 e 04 apresentaram valores da MCS maiores, enquanto o Campo 03 apresentou valor inferior.

Na avaliação das condições em cada campo, verificou-se que, no Campo 01, as condições “In” e “Am” apresentaram MCS superior à observada em “Fr”. No Campo 02, a condição “In” apresentou maior MCS, diferindo de “Am” e “Fr”. No Campo 03, a condição “In” também apresentou maior PMS em relação às demais. Por outro lado, no Campo 04, a condição “Fr” apresentou maior PMS, enquanto “In” e “Am’’ apresentaram valores inferiores.

De modo geral, os valores da MCS apresentaram baixa amplitude de variação entre os tratamentos, situando-se próximos de 0,16 g, com diferenças estatísticas detectáveis conforme o campo de produção e a condição de armazenamento.

5.4.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG-12 Paredão

Para a cultivar *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão, a MCS apresentou efeito significativo dos fatores Campo e Condição de armazenamento, enquanto a interação Campo × Condição não foi significativa.

No fator Campo, observaram-se diferenças entre as áreas de produção, com os Campos 02 e 03 apresentando as maiores médias da MCS, o Campo 01, de valor intermediário, e o Campo 04, o menor. As médias mantiveram-se em faixa estreita, variando entre 0,16 e 0,17 g.

Para o fator Condição, verificou-se que as condições inicial “In” e “Fr” não diferiram entre si, apresentando valores médios superiores, enquanto a condição ambiente Am apresentou os menores valores da MCS.

A ausência de interação significativa indica que o efeito das condições de armazenamento foi consistente entre os campos avaliados.

5.4.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui

Para o Miyagui, a MCS apresentou efeito significativo dos fatores Campo e Condição de armazenamento, e da interação Campo e Condição.

Na condição inicial “In”, os Campos 01 e 02 apresentaram as maiores médias da MCS, diferindo dos Campos 03 e 04, que apresentaram valores inferiores. Na condição ambiente “Am”, os Campos 01, 03 e 04 apresentaram médias superiores,

enquanto o Campo 02 apresentou o menor valor. Na condição “Fr”, os Campos 02 e 04 apresentaram as maiores médias da MCS, enquanto os Campos 01 e 03 apresentaram valores inferiores.

Entre as condições de cada campo, verificou-se que, no Campo 01, as condições “In” e “Am” apresentaram MCS superior à observada em “Fr”. No Campo 02, a condição “In” apresentou a maior média, sem diferir de “Fr”, enquanto a condição “Am” apresentou valor inferior. No Campo 03, as condições “In” e “Am” apresentaram médias superiores em relação a “Fr”. No Campo 04, a condição “Am” apresentou o menor valor, enquanto “In” e “Fr” apresentaram médias superiores.

De modo geral, os valores da MCS mantiveram-se em faixa estreita, variando entre 0,16 e 0,17 g, com diferenças estatisticamente significativas entre os campos e as condições de armazenamento.

5.4.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça

Para a cultivar Mombaça, a MCS apresentou efeito significativo dos fatores Campo, Condição de armazenamento e da interação Campo × Condição.

Em função da significância da interação, procedeu-se ao desdobramento dos efeitos. Na condição inicial “In”, os Campos 01 e 02 apresentaram as maiores médias da MCS, diferindo dos Campos 03 e 04, que apresentaram valores inferiores. Na condição ambiente “Am”, os Campos 01, 02 e 04 apresentaram médias superiores, enquanto o Campo 03 apresentou o menor valor. Na condição “Fr”, os Campos 01 e 04 apresentaram as maiores médias da MCS, enquanto os Campos 02 e 03 apresentaram valores inferiores.

Na comparação das condições em cada campo, verificou-se que, no Campo 1, houve diferença entre todas as condições, com a condição inicial apresentando o maior MCS, seguida de “Fr” e “Am”. No Campo 02, a condição inicial apresentou a maior média, enquanto as condições “Am” e “Fr” apresentaram valores inferiores e não diferiram entre eles. No Campo 03, observou-se novamente maior MCS na condição inicial, seguida por “Fr”, sendo “Am” a condição de menor valor. No Campo 04, as condições inicial e de frio não diferiram entre si e apresentaram valores superiores aos da condição ambiente.

Considerando os conjuntos de resultados, os valores da MCS mantiveram-se em faixa estreita, variando entre 0,16 e 0,17 g, com diferenças estatisticamente significativas entre os campos de produção e as condições de armazenamento.

5.5 Germinação

Tabela 10 – Germinação (%) das sementes das cultivares de *Megathyrsus maximus* em diferentes condições de armazenamento (In: inicial; Am: ambiente; Fr: frio). A: Massai; B: MG12-Paredão; C: Miyagui; D: Mombaça.

Cultivar	Campo	Inicial	Ambiente	Frio	Média Campo
Massai	01	$20,25^{bB}$	$56,75^{aA}$	$50,50^{aA}$	$42,50^{c}$
	02	$28,75^{cB}$	$75,75^{aA}$	$75,50^{aA}$	$60,00^{b}$
	03	$77,00^{aA}$	$75,75^{aA}$	$68,50^{aA}$	$75,75^{a}$
	04	$57,50^{bA}$	$61,25^{bA}$	$56,25^{aA}$	$58,33^{b}$
Média condição		$45,88^{B}$	$67,38^{A}$	$62,69^{A}$	
MG12 Paredão	01	$16,25^{Bb}$	$41,25^{aA}$	$36,75^{Aa}$	$31,42^{b}$
	02	$13,25^{bB}$	$41,25^{aA}$	$33,00^{Aa}$	$29,17^{b}$
	03	$6,25^{aA}$	$5,25^{aA}$	$6,25^{aA}$	$5,92^{c}$
	04	$49,75^{Ba}$	$55,25^{aA}$	$58,75^{aA}$	$54,58^{a}$
Média condição		$21,38^{B}$	$35,75^{A}$	$33,69^{A}$	
Miyagui	01	$18,50^{cC}$	$57,50^{aA}$	$42,25^{Bb}$	$39,42^{c}$
	02	$36,75^{aA}$	$38,00^{bA}$	$42,75^{bA}$	$39,17^{c}$
	03	$29,25^{bB}$	$43,25^{bA}$	$42,50^{bA}$	$38,33^{c}$
	04	$73,75^{aB}$	$61,00^{aA}$	$56,75^{aA}$	$53,83^{a}$
Média condição		$32,06^{B}$	$49,94^{A}$	$46,06^{A}$	
Mombaça	01	$4,00^{cC}$	$53,00^{bA}$	$35,75^{Bb}$	$30,92^{c}$
	02	$2,25^{cC}$	$49,00b^{A}$	$39,00^{bB}$	$30,08^{c}$
	03	$11,50^{bB}$	$34,75^{cA}$	$31,25^{cA}$	$25,83^{c}$
	04	$25,00^{aB}$	$75,50^{aA}$	$66,25^{aA}$	$55,58^{a}$
Média condição		$10,69^{C}$	$53,06^{A}$	$43,06^{B}$	

Fonte: Elaborado pelo autor (2025); Laboratório de Sementes Matsuda, Relatório interno (2025).
Legenda: Letras minúsculas distintas indicam diferenças estatísticas entre os campos de cada condição. Letras maiúsculas distintas indicam diferenças estatísticas entre as condições dentro de cada campo. A barra de erros indica o erro padrão da média (n=4). Teste Scott-Knott (p≤0,05).

5.5.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai

No desdobramento da interação por condição, observou-se que, em “In”, o Campo 03 apresentou a maior germinação (77%), seguido pelo Campo 04 (57,5%),

enquanto os Campos 01 e 02 apresentaram as menores médias (20,3% e 28,8%, respectivamente).

Na condição “Am”, os maiores percentuais concentraram-se nos Campos 02 e 03 (ambos em 75,8%), que superaram os Campos 01 e 04, que permaneceram no grupo de menores médias (61,3% e 56,8%).

Em “Fr”, manteve-se o padrão de superioridade dos Campos 02 e 03 (75,5% e 68,5%), enquanto os Campos 01 e 04 apresentaram médias inferiores (56,3% e 50,5%).

Ao avaliar a Condição em cada Campo, verificou-se que, nos Campos 01 e 02, as condições “Am” e “Fr” apresentaram germinação superior à “In”, “Am” e “Fr” não diferem entre si e ambas são superiores a “In”.

Em contraste, nos Campos 03 e 04, não houve diferença significativa entre as condições, sugerindo maior estabilidade fisiológica da germinação nessas origens.

Assim, considerando o conjunto dos desdobramentos, o melhor desempenho do Massai ocorreu de forma consistente nos Campos 02 e 03, sobretudo em “Am” e “Fr”, enquanto o pior desempenho esteve associado ao Campo 01, independentemente da condição, e ao Campo 02, especificamente na condição “In”.

5.5.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão

Na análise dos efeitos em cada condição, o Campo 04 foi superior em todas elas, com médias de 49,75% em In, 55,25% em “Am” e 58,75% em “Fr”.

Em oposição, o Campo 03 apresentou germinação extremamente baixa (5 a 6%) e permaneceu no grupo inferior em “In”, “Am” e “Fr”, caracterizando-se como o pior campo para a cultivar, independentemente da condição.

Os Campos 01 e 02 ocuparam posições intermediárias nas três condições, sempre abaixo do Campo 04 e acima do Campo 03, o que indica um desempenho moderado e relativamente consistente.

No desdobramento de Condição dentro de cada Campo, observou-se que, nos Campos 01 e 02, “Am” e “Fr” superaram “Am” e “Fr” pertencem ao mesmo grupo, com valores superiores na condição “In”.

No Campo 04, embora as três condições tenham apresentado médias elevadas, “Am” e “Fr” mantiveram vantagem estatística sobre “In”, indicando ganho adicional de “Am” em relação ao “Fr”, mesmo no melhor ambiente de produção.

No Campo 03, não houve diferença entre as condições, porém, esse padrão ocorreu em um patamar uniformemente baixo, sugerindo limitação entre o ambiente e o lote de sementes, independentemente da condição.

Portanto, para ‘MG12-Paredão’, o Campo 04 constitui o ambiente de melhor desempenho e maior estabilidade relativa, enquanto o Campo 03 apresenta o pior desempenho absoluto, com germinação persistentemente reduzida e pouco responsiva às condições.

5.5.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui

Em “In”, o Campo 04 apresentou a maior germinação (43,75%), com desempenho semelhante ao Campo 02 (36,75%) superando os Campos 03 (29,25%) e 01 (18,50%), evidenciando hierarquia entre ambientes já na condição inicial.

Na condição “Am”, destacaram-se Campos 04 e 01 (61,0% e 57,5%), enquanto Campos 03 e 02 apresentaram menores valores (43,3% e 38,0%), indicando redistribuição do desempenho relativo entre campos quando comparada à condição “In”.

Em “Fr”, novamente, o Campo 04 foi superior (56,8%), ao passo que os Campos 01, 02 e 03 convergiram para médias semelhantes (42 a 43%), sugerindo homogeneização parcial sob armazenamento frio na maioria dos campos.

Ao examinar a Condição em cada Campo, observou-se, no Campo 01, o padrão Am maior que “Fr”, maior que “In”, evidenciando resposta gradativa das condições e forte penalização em “In”.

No Campo 02, não houve diferença significativa entre condições; observou-se que “Fr” e “Am” apresentaram a mesma média estatística e ambas superiores ao “In”, caracterizando um campo com germinação relativamente estável frente às variações de condição, ainda que em nível intermediário.

Nos Campos 03 e 04, o comportamento foi, “Am” igual ao “Fr” que maior que “In”, indicando melhoria sob “Am” e “Fr” em comparação à condição ‘’In’’.

Assim, para Miyagui, o Campo 04 configura o melhor campo, enquanto o Campo 1 tende ao pior desempenho, especialmente em “In”, o Campo 02 destaca-se por estabilidade entre condições, e o Campo 03 permanece em posição intermediária/baixa conforme a condição avaliada.

5.5.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça

No conjunto de avaliações de Campo dentro de cada condição, a condição “In” apresentou germinação globalmente baixa, com superioridade do Campo 04 (25,0%) e valores muito reduzidos nos demais campos, campo 3 com 11,5%, Campo 01 com 4,0% e Campo 02 com 2,25%).

Na condição “Am”, observou-se ampla elevação da germinação, mantendo-se o Campo 04 como melhor desempenho (75,5%), seguido pelos Campos 01 e 02 em patamar intermediário (53,0% e 49,0%), enquanto o Campo 03 permaneceu com a menor média (34,75%).

No “Fr”, a ordem de desempenho foi Campo 04 superior (66,25%); Campos 01 e 02 intermediários (35,75% e 39,0%); e Campo 03 novamente inferior (31,25%), sugerindo limitação persistente do Campo 03 mesmo sob condições distintas.

No desdobramento de Condição dentro de cada Campo, os Campos 01 e 02 apresentaram o padrão “Am” maior que “Fr” maior que “In”, evidenciando forte incremento germinativo em “Am” e redução marcada em “In”.

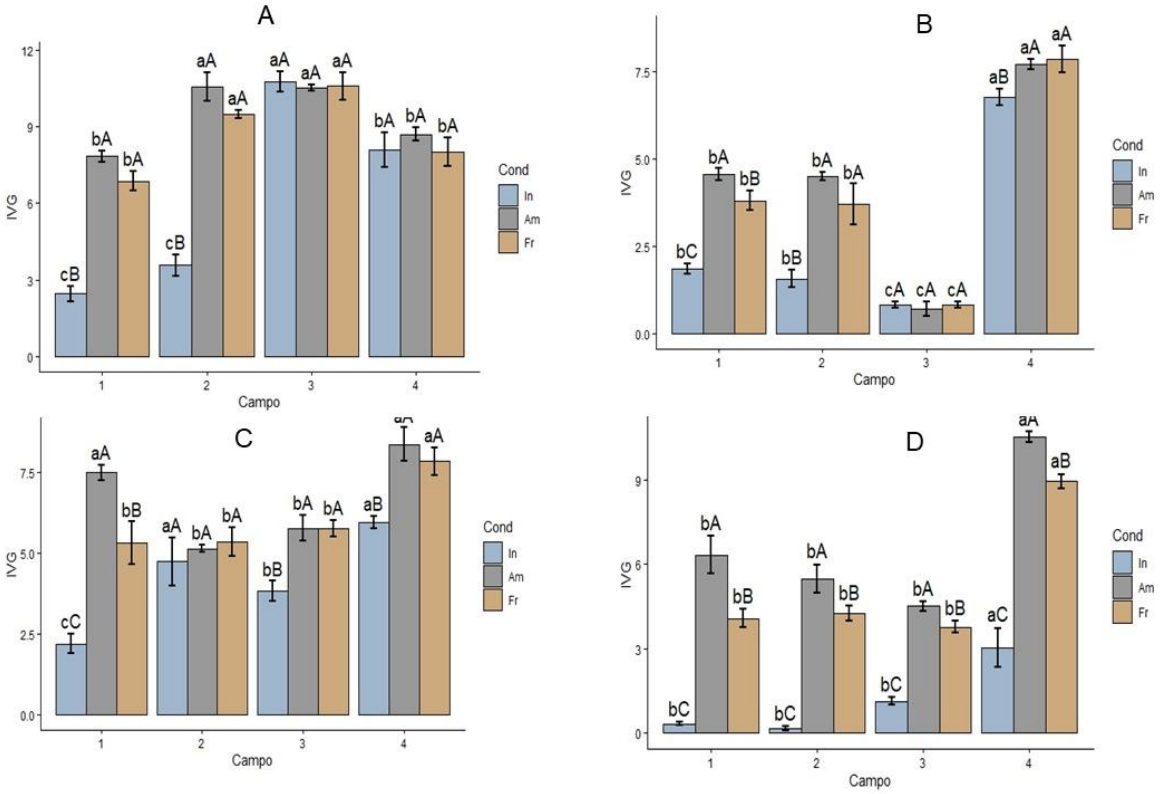
No Campo 03, observou-se “Am” igual a “Fr” maior que “In”, indicando que a diferença principal está entre “In” e as demais condições, porém, com desempenho absoluto ainda restrito quando comparado aos melhores campos.

No Campo 04, o padrão também foi “Am” igual ao “Fr” maior que “In”, mas com germinações elevadas em “Am” e “Fr” (acima de 65%), consolidando este campo como o ambiente mais favorável à expressão do potencial germinativo da cultivar.

Dessa forma, em Mombaça, o Campo 04 é simultaneamente o melhor e o mais expressivo em “Am” e “Fr”, enquanto o Campo 03 caracteriza-se como o pior em “Am” e “Fr” e um dos mais restritivos em “In”, e os Campos 01 e 02 apresentam desempenho fortemente condicionado pela transição de “In” para “Am” e “Fr”.

5.6 Índice de velocidade de germinação

Figura 7 – Índice de Velocidade de Germinação (IVG) das sementes das cultivares *Megathyrsus maximus* sob diferentes condições de armazenamento (In: inicial; Am: ambiente; Fr: frio). A: Massai; B: MG12-Paredão; C: Miyagui; D: Mombaça.



Fonte: Elaboração própria; Laboratório de Sementes Matsuda, Relatório interno (2025).
Legenda: Letras minúscula distintas indicam diferença estatística entre os campos dentro de cada condição. Letras maiúsculas distintas indicam diferença estatística entre as condições dentro de cada campo. Barra de erros indica o erro padrão da média (n=4). Teste Scott-Knott (p≤0,05).

5.6.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai

Para IVG, o padrão foi amplamente convergente com a germinação, na condição “In”, o Campo 03 apresentou o maior IVG (10,76), seguido do Campo 04 (8,08), e Campos 01 e 02 apresentaram os menores valores (2,47 e 3,58). Em “Am”, Campos 02 e 03 apresentaram os maiores IVG (10,55 e 10,52), enquanto Campos 01 e 04 ficaram em patamar inferior (7,8 e 8,69). Em “Fr”, Campos 02 e 03 novamente apresentaram os maiores IVG (9,47 e 10,57), acima dos de Campos 01 e 04 (6,86 e 8,00).

A integração entre germinação e IVG indica que os Campos 02 e 03 foram, de forma consistente, os mais associados à alta germinação e à alta velocidade,

especialmente em “Am” e “Fr” em contraste, o Campo 01 apresentou simultaneamente baixa germinação e baixo IVG, caracterizando o pior desempenho fisiológico relativo.

5.6.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG-12 Paredão

O Campo 04 foi dominante em “In”, obtendo 7,84, em contraste com os Campos 01 e 02 (3,79 e 4,07) e com o Campo 03, extremamente baixo (0,57). Em “Am”, o Campo 04 manteve IVG elevado (7,97), com Campos 01 e 02 intermediários (4,78 e 5,35) e Campo 03 inferior (2,83). No “Fr”, o Campo 04 permaneceu alto (7,98); os Campos 01 e 02 foram intermediários (3,79 e 4,80); e o Campo 03 continuou baixo (1,82).

A comparação IVG com Germinação revela convergência clara quanto a ordem de desempenho por campo (Campo 04 melhor, Campo 03 pior), mas também evidencia que, em alguns casos, a condição altera a velocidade sem alterar proporcionalmente o percentual final. Isso é particularmente informativo no Campo 03 a germinação permaneceu baixa em todas as condições, porém, o IVG variou, indicando melhora na dinâmica germinativa, sem recuperação do percentual final.

5.6.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui

O IVG acompanhou, em grande medida, a resposta observada na germinação. Em “In”, Campos 04 e 02 apresentaram os maiores IVG (5,94 e 4,73), enquanto Campo 01 apresentou o menor (2,20). Em “Am”, Campos 04 e 01 apresentaram os maiores IVG (8,35 e 7,49), enquanto Campos 02 e 03 ficaram em patamar inferior (5,14 e 5,77). No “Fr”, o Campo 04 manteve o destaque (7,83), e Campos 01 e 03 agruparam-se em valores aproximados (5,3 e 5,7).

A análise de campo reforça que, nos Campos 01, 03 e 04, a condição ”In” esteve associada ao menor IVG, ao passo que “Am” e “Fr” favoreceram maior velocidade; no Campo 02, não houve diferenças relevantes entre as condições para IVG, coerente com a estabilidade também observada na germinação. Assim, para Miyagui, o Campo 04 apresenta o melhor desempenho global (maior germinação e maior IVG), e Campo 01 representa o pior cenário inicial em “In”, com recuperação importante em “Am”.

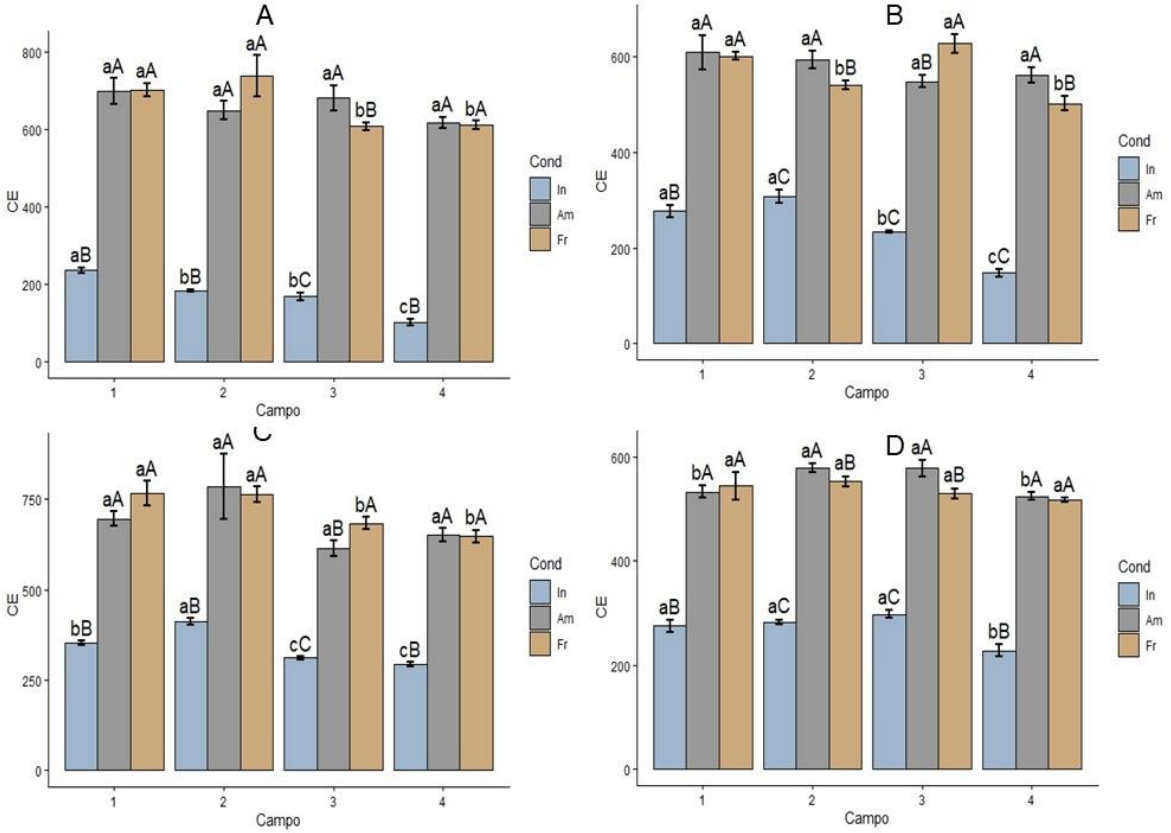
5.6.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça

No IVG, o padrão foi ainda mais discriminatório, em “In”, os valores foram muito baixos nos Campos 01, 02 e 03 (0,16 a 1,13), enquanto o Campo 04 alcançou (3,03). Em “Am”, o Campo 04 apresentou IVG máximo (10,52), e os demais campos variaram entre (4,51 e 6,33). No “Fr”, o Campo 4 permaneceu superior (8,95) e Campos 01 e 03 ficaram próximos (3,76 e 4,24).

Ao analisar a condição dentro de cada campo para IVG, observa-se um padrão inequívoco: em todos os campos, “Am” foi superior ao “Fr” que foi superior ao “In”, indicando que a condição “Am” favoreceu maior velocidade e uniformidade germinativa. Em termos integrados, o melhor desempenho de Mombaça ocorreu no Campo 04 sob “Am” (germinação 75,5% e IVG 10,52), e o pior desempenho concentrou-se no Campo 02 sob In (germinação 2,25% e IVG 0,16).

5.7 Condutividade elétrica

Figura 8 – Condutividade elétrica (CE, µS cm⁻¹ g⁻¹) das sementes das cultivares *Megathyrsus maximus* sob diferentes condições de armazenamento (In: inicial; Am: ambiente; Fr: frio). A: Massai; B: MG12 Paredão; C: Miyagui; D: Mombaça.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025); Laboratório de Sementes Matsuda, Relatório interno (2025).
Legenda: Letras minúsculas distintas indicam diferenças estatísticas entre os campos dentro de cada condição. Letras maiúsculas distintas indicam diferenças estatísticas entre as condições dentro de cada campo. A barra de erros indica o erro padrão da média (n=4). Teste Scott-Knott (p≤0,05).

5.7.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai

Observou-se maior liberação de solutos quando as sementes foram avaliadas após os períodos de armazenamento.

No fator “campo”, embora haja variação numérica entre as médias gerais do Campo 01 (545,78 µS g⁻¹), Campo 02 (523,95 µS g⁻¹), Campo 03 (486,47 µS g⁻¹) e Campo 04 (444,59 µS g⁻¹), o teste de agrupamento não separou classes entre os campos, indicando que, para Massai, a diferenciação prática concentrou-se nas condições de “Am”.

Assim, para essa cultivar, a CE foi mais sensível ao estado pós-armazenamento do que à origem “In”, o que pode refletir incremento da permeabilidade de membranas (maior exsudação) após armazenamento, sem evidência estatística de mitigação específica em “Fr” quando comparado a “Am”.

5.7.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão

Para MG12-Paredão, o comportamento da CE depende simultaneamente do campo e da condição. No desdobramento “campo dentro de condição”, a maior discriminação ocorreu em “In”, quando os campos se separaram em três níveis, Campos 01 e 02 (276 e 307 µS g^{-1}) foram maiores que Campo 03 (233,62 µS g^{-1}), que, por sua vez, foi maior que Campo 04 (147,29 µS g^{-1}), indicando que o Campo 04 apresentou menor lixiviação (maior integridade de membranas) já na condição inicial.

Em “Am”, não houve distinção estatística entre, com CE elevada e relativamente homogênea (548 e 609 µS g^{-1}). Em Fr, ocorreu nova separação, os Campos 01 e 03 permaneceram com CE mais alta (601 e 627 µS g^{-1}), enquanto Campos 02 e 04 ficaram em patamar inferior (502 e 540 µS g^{-1}), sugerindo que parte dos lotes respondeu ao frio com menor exsudação, mas de forma dependente da origem.

No desdobramento “condição dentro de campo”, observa-se um padrão robusto, para todos os campos, “In” apresenta os menores valores, “Am” e “Fr” elevam a CE, variando a hierarquia entre “Am” e “Fr” conforme o campo. Por exemplo, no Campo 02 e no Campo 04, a sequência foi “Am” maior que “Fr” que é maior que “In”, no Campo 01, “Am” igual ao “Fr” que é maior que “In”, no Campo 03, “Fr” maior que “Am” que é maior que “In”.

Esse conjunto de evidências é coerente com a interpretação fisiológica do teste, os lotes do Campo 04, sobretudo em “In”, exibem maior integridade de membranas (CE mais baixa), enquanto campos com CE mais alta sugerem maior permeabilidade e, potencialmente, menor vigor.

Um ponto relevante entre os testes é que, nos anexos de germinação da MG12-Paredão, o Campo 4 também se destacou como o de maior germinação em todas as condições, enquanto o Campo 03 apresentou o pior desempenho.

5.7.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui

Para Miyagui, os anexos indicam que a CE foi fortemente modulada pela condição In com (342,08µS g^{-1}), “Am” com (686,69 µS g^{-1}) e “Fr” com (715,23 µS g^{-1}), com “Am” e “Fr” agrupadas sem diferença entre si e ambas superiores a “In”. De forma descritiva, a elevação é da ordem de +101% “Am” comparado com “In” e +109% “Fr” comparado com “In”, evidenciando aumento expressivo da lixiviação após armazenamento.

Quanto aos campos, embora as médias gerais variem numericamente, os Campos 01 (626,03 µS g^{-1}), Campo 02 (614,88 µS g^{-1}), Campo 03 (536,75 µS g^{-1}) e Campo 04 (498,43 µS g^{-1}), o agrupamento não separou classes, sugerindo que, nessa cultivar, as diferenças entre campos foram menores do que o efeito sistemático das condições.

Assim, o Miyagui se destaca por apresentar valores elevados de CE nas condições pós-armazenamento.

5.7.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça

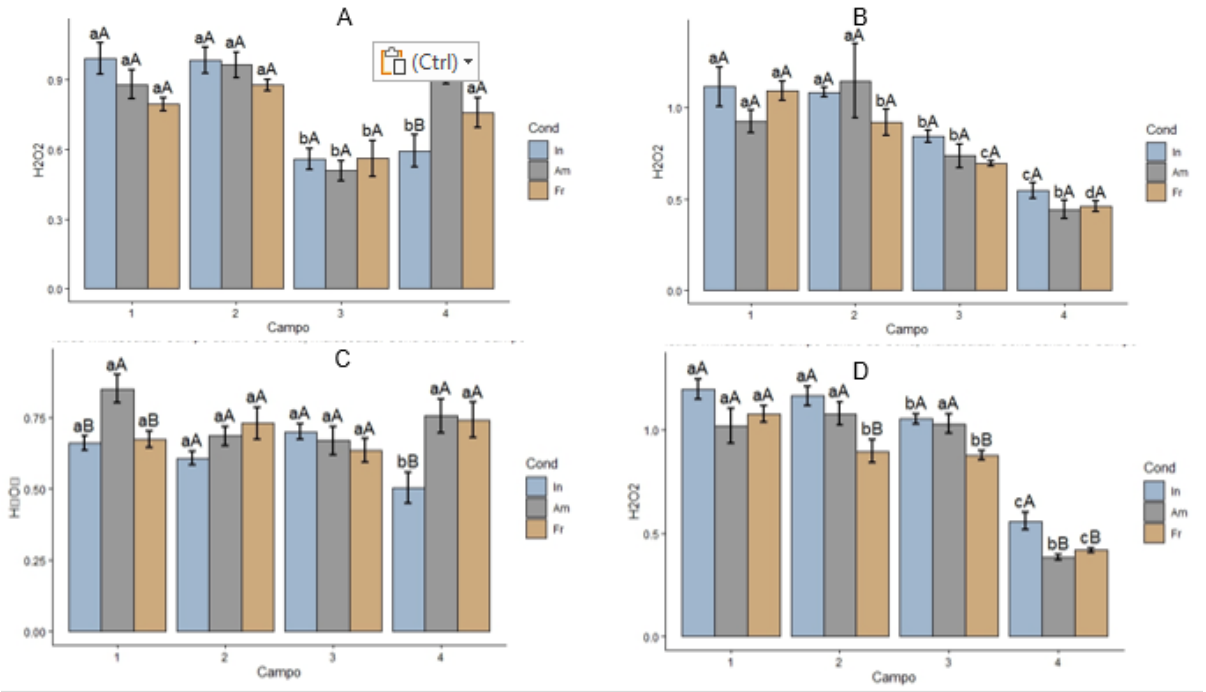
Para Mombaça, a CE também respondeu principalmente às condições, “In” (270,88 µS g^{-1}), “Am” (553,95 µS g^{-1}) e “Fr” (536,08 µS g^{-1}), com “Am” e “Fr” no mesmo grupo e superiores a “In”. Descritivamente, isso corresponde a aumentos aproximados de +104% em “Am” com “In” e de +98% em “Fr” com “In”. Embora “Fr” seja numericamente inferior a “Am”, os anexos indicam que essa diferença não é estatisticamente significativa.

No componente “campo”, as médias gerais oscilaram, Campo 01 (471,79 µS g^{-1}), Campo 02 (468,58 µS g^{-1}), Campo 03 (450,69 µS g^{-1}) e Campo 04 (423,50 µS g^{-1}), porém sem discriminação pelo agrupamento, reforçando que o eixo interpretativo principal está na condição de armazenamento.

A Mombaça apresentou CE pós-armazenamento (536 a 554 µS g^{-1}) em nível inferior ao observado em Massai (662 a 665 µS g^{-1}) e Miyagui (687 a 715 µS g^{-1}), sugerindo, no conjunto, menor intensidade de lixiviação e possível estabilidade melhor das membranas sob os mesmos cenários de avaliação.

5.8 Peróxido hidrogênio

Figura 9 – Teores de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) nas sementes das cultivares de *Megathyrsus maximus* sob diferentes condições de armazenamento (In: inicial; Am: ambiente; Fr: frio). A: Massai; B: MG12-Paredão; C: Miyagui; D: Mombaça.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025); Laboratório de Sementes Unoeste (2025).
Legenda: Letras minúsculas distintas indicam diferenças estatísticas entre os campos dentro de cada condição. Letras maiúsculas distintas indicam diferenças estatísticas entre as condições dentro de cada campo. A barra de erros indica o erro padrão da média (n=4). Teste Scott-Knott (p≤0,05).

5.8.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai

Na comparação de campos dentro de cada condição na “In”, foi observado que os campos 01 e 02 apresentaram os maiores teores de H_2O_2 (0,99 e 0,98 mM g^{-1}), superiores aos campos 03 e 04, que apresentaram menores índices (0,56 e 0,59 mM g^{-1}), grupo inferior. Esse padrão indica que, no estado inicial, há forte dependência da origem do campo; os campos com maior sinal oxidativo (Campos 01 e 02) diferem dos de menor sinal oxidativo (Campos 03 e 04).

Condição “Am” o Campo 03 manteve o menor H_2O_2 (0,51 mM g^{-1}), grupo inferior, enquanto Campos 01, 02 e 04 permaneceram em patamar superior e estatisticamente semelhante (0,88 a 0,96 mM g^{-1}). Esse resultado reforça o comportamento sistematicamente baixo do Campo 03 sob armazenamento em

ambiente, em contraste com a manutenção de valores mais elevados nos demais campos.

Na condição “Fr” novamente, o Campo 03 apresentou o menor H_2O_2 (0,56 mM g^{-1}), grupo inferior, ao passo que Campos 01, 02 e 04 formaram o grupo superior (0,76 a 0,88 mM g^{-1}). Assim, sob refrigeração, persiste a discriminação entre um lote com H_2O_2 consistentemente baixo (Campo 03) e os demais com níveis mais altos.

Na síntese Campos dentro de Condição, o Campo 03 constitui o padrão mais consistente de menor H_2O_2 em “Am” e “Fr”, também baixo em “In”, enquanto Campos 01 e 02 são os mais elevados em “In”, em “Am” e “Fr”, Campo 4 passa a integrar o grupo alto juntamente com 01 e 02.

Na comparação de condições dentro de cada campo, nos Campos 01 e 02, não houve separação estatística entre condições, sendo “In” igual a “Am” igual a “Fr”, embora exista tendência numérica de redução onde In é maior que Am , maior que Fr. O Campo 03 também não apresentou efeito de condição, mantendo valores baixos e estáveis. O “Fr” igual ao “In” igual ao “Am”, caracterizando um campo com status oxidativo persistentemente reduzido independentemente do armazenamento.

O Campo 04 apresentou efeito de condição, com In inferior (0,59 mM g^{-1}) e “Am” e “Fr” superiores (0,91 e 0,76 mM g^{-1}), respectivamente. Esse comportamento diferencial do Campo 04 é um componente central para explicar a interação Campo × Condição, pois revela que o armazenamento altera o H_2O_2 apenas em um campo específico, enquanto os demais mantêm estabilidade estatística.

Na síntese, as condições dentro de campo não modificam significativamente o H_2O_2 nos Campos 01, 02 e 03, mas elevam o H_2O_2 no Campo 04 (“Am” e” Fr” maiores que “In”).

5.8.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão

O Campo 2 (1,05 mM g^{-1}) e o Campo 01 (1,04 mM g^{-1}) estão no patamar superior; o Campo 03 (0,76 mM g^{-1}) está em patamar intermediário; o Campo 04 (0,48 mM g^{-1}) está como o menor e isolado. Sendo assim, estabelece-se a hierarquia: Campo 02 é igual ao Campo 01, que é maior que Campo 03, que é maior que Campo 04, com diferença de magnitude expressiva, destacando-se o Campo 04 com valores substancialmente inferiores aos Campos 01 e 02.

Para Condição, as médias gerais de “In” (0,90 mM g^{-1}), Am (0,81 mM g^{-1}), “Fr” (0,79 mM g^{-1}) estão todas no grupo (“a”). Embora exista uma tendência numérica de redução, “In” maior que “Am” igual ao “Fr”.

O Campos dentro de Condição, em “In”, “Am” e “Fr”, a hierarquia permanece essencialmente a mesma, Campo 02 igual ao Campo 1 maior que Campo 03 maior que Campo 04, evidenciando que as diferenças de H_2O_2 são primariamente atribuíveis ao campo de origem, independentemente da condição.

Na comparação das condições dentro de cada campo de produção, não foram identificadas diferenças estatisticamente significativas nos teores de H_2O_2 entre as condições Inicial, Ambiente e Frio . Esses resultados indicam que, nas condições avaliadas, não foram detectadas alterações estatisticamente significativas nos teores de H_2O_2 em função das condições de armazenamento, sem descartar a possibilidade de variações que não tenham sido evidenciadas pela análise estatística.

5.8.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui

Em relação Campos dentro de cada Condição, na “In” o Campo 04 apresentou H_2O_2 significativamente menor (0,50 mM g^{-1}) em comparação aos Campos 01, 02 e 03 (0,61 a 0,70 mM g^{-1}). Isso sugere que, no estado “In”, o Campo 04 apresenta menor acúmulo de peróxido e menor sinal oxidativo, enquanto os demais campos apresentam um patamar semelhante.

Na Condição “Am”, não houve separação estatística entre os campos, apesar de diferenças numéricas (0,67 a 0,85 mM g^{-1}). Assim, em armazenamento ambiente, a variabilidade entre lotes não foi suficiente para discriminação por campo.

Em condição de “Fr”, novamente não houve diferença entre os campos (0,63 a 0,74 mM g^{-1}), indicando que, sob refrigeração, os campos permanecem estatisticamente equivalentes quanto ao H_2O_2.

Síntese Campos dentro de Condição: a diferença entre os campos se manifesta claramente apenas em In, com Campo 04 inferior; em “Am” e “Fr”, os campos se aproximam estatisticamente.

Nas condições de cada campo, o Campo 01 “Am” elevou a concentração de H_2O_2 (0,85 mM g^{-1}) em relação a “Fr” e In (0,67 e 0,66 mM g^{-1}), respectivamente. Isso indica que, nesse lote, o armazenamento em ambiente está associado ao aumento do

estado oxidativo e da sinalização redox, enquanto o “Fr” e o estado inicial mantêm valores menores.

No Campo 02, não houve diferença entre as condições (0,61 a 0,73 mM g^{-1}), sugerindo estabilidade do H_2O_2 frente às condições, isto é, menor sensibilidade do lote às variações ambientais de armazenamento.

No Campo 03 também não houve diferença (0,63 a 0,70 mM g^{-1}), com comportamento semelhante ao Campo 02.

Já o Campo 04, “Am” e “Fr” apresentaram H_2O_2 maior (0,76 e 0,74 mM g^{-1} a) do que In (0,50 mM g^{-1} b). Portanto, para esse lote, a mudança de condição tanto “Am” quanto “Fr”, está associada a elevação do H_2O_2 em relação ao estado “In”.

Síntese Condições dentro de Campo a resposta às condições é campo e específica, com aumento de H_2O_2 em “Am” no Campo 01 e aumento em “Am” e “Fr” no Campo 04; Campos 02 e 03 mantêm estabilidade.

5.8.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça

Foi separado os campos em duas realidades o Campos 01, 02 e 03, maiores médias (1,10; 1,04; 0,98 mM g^{-1} ; grupo a) e o Campo 04 média significativamente inferior (0,45, mM g^{-1} grupo b)

O Campo 01 é igual ao 02, igual ao 03, maior que o 04, com destaque para o Campo 04, cujo H_2O_2 é substancialmente menor que o Campo 01, redução aproximada de 59%.

As médias gerais por condição apresentaram gradiente numérico “In” (0,99 mM g^{-1}) maior que “Am” (0,88 mM g^{-1}) maior que “Fr” (0,82 mM g^{-1}).

Em “In”, “Am” e “Fr”, o padrão dominante é os Campos 01, 02 e 03 no patamar superior e Campo 04 no patamar inferior, reforçando que a diferença é majoritariamente lote e origem, persiste ao longo das condições.

5.9 Teor de Proteína (PB)

5.9.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai

Os teores de proteína bruta (PB) (Tabela 11) variaram de 19,28% na condição de armazenamento em frio “Fr” do Campo 02 a 21,94% na condição inicial “In” do Campo 03, o que corresponde a uma amplitude de 2,66 pontos percentuais (p.p.). Considerando a média dos quatro campos, os teores de PB foram de 20,89% na condição inicial, 20,30% no ambiente “Am” e 19,94% no frio “Fr’’. Em relação ao armazenamento inicial, verificou-se redução de 0,60 p.p. (-2,87%) em ambiente e de 0,96 p.p. (-4,58%) em frio, indicando redução moderada do teor de proteína bruta após o armazenamento, mais pronunciada na condição fria.

A variabilidade entre campos também foi evidente. O Campo 03 apresentou a maior média de PB (21,04%), enquanto o Campo 02 apresentou a menor (19,68%), diferença de 1,36 p.p., equivalente a 6,91%. No Campo 03, o teor de PB reduziu de 21,94% na condição inicial para 20,59% após o armazenamento, correspondendo a uma diminuição de 1,35 p.p. (-6,15%), indicando que a resposta ao armazenamento pode variar conforme o campo de produção.

5.9.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão

Os teores de PB (Tabela 12) apresentaram baixa variação, oscilando entre 15,96% na condição ambiente do Campo 02 e 17,43% na condição inicial do Campo 01, resultando em amplitude de 1,47 p.p. Considerando a média dos quatro campos, os valores foram de 17,00% na condição inicial, 16,71% em ambiente e 16,84% em frio. Em relação ao armazenamento “In” as reduções observadas foram de 0,29 p.p. (-1,69%) em ambiente e de 0,16 p.p. (-0,94%) em frio, indicando elevada estabilidade do teor de proteína bruta durante o armazenamento.

Entre os campos, o Campo 01 apresentou a maior média de PB (17,31%) e o Campo0 2, a menor (16,53%), diferença de 0,78 p.p. (+4,72%). A maior alteração foi observada no Campo 02, onde o teor de PB reduziu de 16,86% na condição inicial para 15,96% em ambiente (-0,90 p.p.; -5,34%). Na condição fria, entretanto, ocorreu recuperação parcial do teor proteico (16,78%), o que representa um incremento de 0,82 p.p. (+5,14%) em relação ao “Am”.

De modo geral, o cultivar MG12-Paredão apresentou o comportamento mais uniforme entre os materiais avaliados, evidenciando pequenas variações entre condições de armazenamento, com exceção do Campo 02 na condição ambiente.

5.9.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui

A cultivar Miyagui (Tabela 13) apresentou a maior amplitude de proteína bruta entre todas as cultivares avaliadas, variando de 13,31% na condição fria do Campo 01 a 17,01% na condição ambiente do Campo 02, o que corresponde a 3,70 p.p. Essa variação foi predominantemente atribuída às diferenças entre os campos de produção. O Campo 02 apresentou a maior média de PB (16,95%), enquanto o Campo 01 apresentou a menor (13,47%), diferença de 3,48 p.p., equivalente a 25,84%. O Campo 04 manteve valores praticamente constantes entre as condições de armazenamento (16,10% a 16,14%), enquanto o Campo 03 apresentou valores intermediários.

Considerando a média dos quatro campos, os teores de PB foram semelhantes entre as condições de armazenamento, com 15,46% na condição “In”, 15,34% em “Am” e 15,52% em “Fr”. Em relação ao armazenamento inicial, verificou-se pequena redução de 0,12 p.p. (-0,79%) em ambiente e discreto aumento de 0,06 p.p. (+0,40%) em frio. Apesar da estabilidade geral, o Campo 03 apresentou comportamento distinto, com aumento da PB de 14,86% em ambiente para 15,81% em frio (+0,95 p.p.; +6,39%), sugerindo resposta diferenciada ao armazenamento conforme o campo de produção.

Assim, os resultados indicam que, para o cultivar Miyagui, a variação da proteína bruta foi predominantemente influenciada pelo campo de produção, enquanto o efeito médio do armazenamento foi reduzido.

5.9.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça

Os teores de PB da cultivar Mombaça (Tabela 14) variaram de 15,01%, na condição fria do Campo 02, a 17,42%, na condição fria do Campo 03, resultando em amplitude de 2,41 p.p.. Considerando a média dos quatro campos, os valores foram de 15,96% na condição “In”, 16,17% em “Am” e 16,04% em “Fr”. Em comparação à

condição inicial, observou-se um aumento de 0,21 p.p. (+1,30%) no ambiente e de 0,08 p.p. (+0,47%) no frio, indicando elevada estabilidade do teor de proteína bruta durante o armazenamento.

As diferenças entre os campos foram consistentes, destacando-se o Campo 03, com a maior média de PB (17,30%), e o Campo 2, com a menor (15,08%), diferença de 2,22 p.p., equivalente a 14,72%. No Campo 01, o teor de PB aumentou de 15,73% na condição inicial para 16,66% em ambiente (+0,93 p.p.; +5,91%), seguido de redução parcial para 16,02% em frio (-3,84% em relação ao ambiente), o que demonstra que a resposta ao armazenamento também pode variar conforme o campo de produção.

De maneira geral, o cultivar Mombaça apresentou comportamento estável, com discreto incremento da proteína bruta após o armazenamento em ambiente, mantendo o Campo 03 como referência para os maiores teores de proteína bruta.

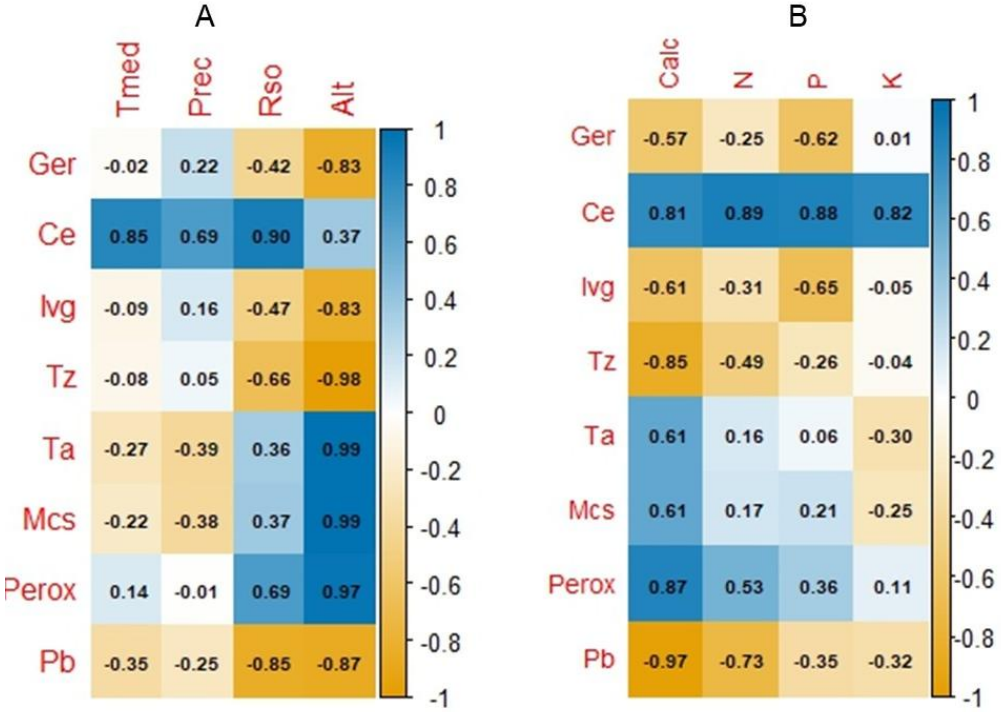
5.10 Análise multivariada

5.10.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai

As correlações positivas fortes (r ≥ 0,80) evidenciaram associações consistentes entre a condutividade elétrica e variáveis climáticas e de manejo. Entre os fatores climáticos, a condutividade elétrica apresentou correlação positiva com a temperatura média (r = 0,85) e, principalmente, com a radiação solar global incidente (r = 0,90), sugerindo que ambientes com maior carga térmica e radiativa estiveram associados ao aumento dessa variável. Em relação ao manejo, observaram-se correlações positivas entre a condutividade elétrica e as variáveis calcário (r = 0,81), nitrogênio (r = 0,89), fósforo (r = 0,88) e potássio (r = 0,82). Entretanto, essas associações devem ser interpretadas com cautela, pois refletem o comportamento conjunto das variáveis nos diferentes campos de produção, não permitindo atribuir, isoladamente, efeito do manejo nutricional sobre a condutividade elétrica. Esse padrão indica que a condutividade elétrica constituiu a variável de maior sensibilidade na estrutura multivariada, apresentando associação simultânea com fatores ambientais e de manejo considerados na análise.

O peróxido de hidrogênio, por sua vez, apresentou correlação positiva forte com a altitude (r = 0,97) e com a calagem (r = 0,87). Além disso, a altitude mostrou correlação positiva muito elevada com a temperatura do ar (r = 0,99) e com a massa de cem sementes (r = 0,99), evidenciando sua relevância na organização do conjunto de dados. De forma geral, as associações positivas mais intensas concentraram-se entre a condutividade elétrica e os componentes climáticos, especialmente temperatura e radiação solar, enquanto o peróxido de hidrogênio e a massa de cem sementes apresentaram maior associação com a altitude. As correlações observadas com as variáveis de manejo sugerem que essas práticas estiveram associadas à variabilidade entre os campos avaliados, porém sua interpretação deve considerar a interação simultânea entre os fatores edafoclimáticos e de manejo, não sendo possível estabelecer relações de causa e efeito a partir das correlações obtidas (Figura 10).

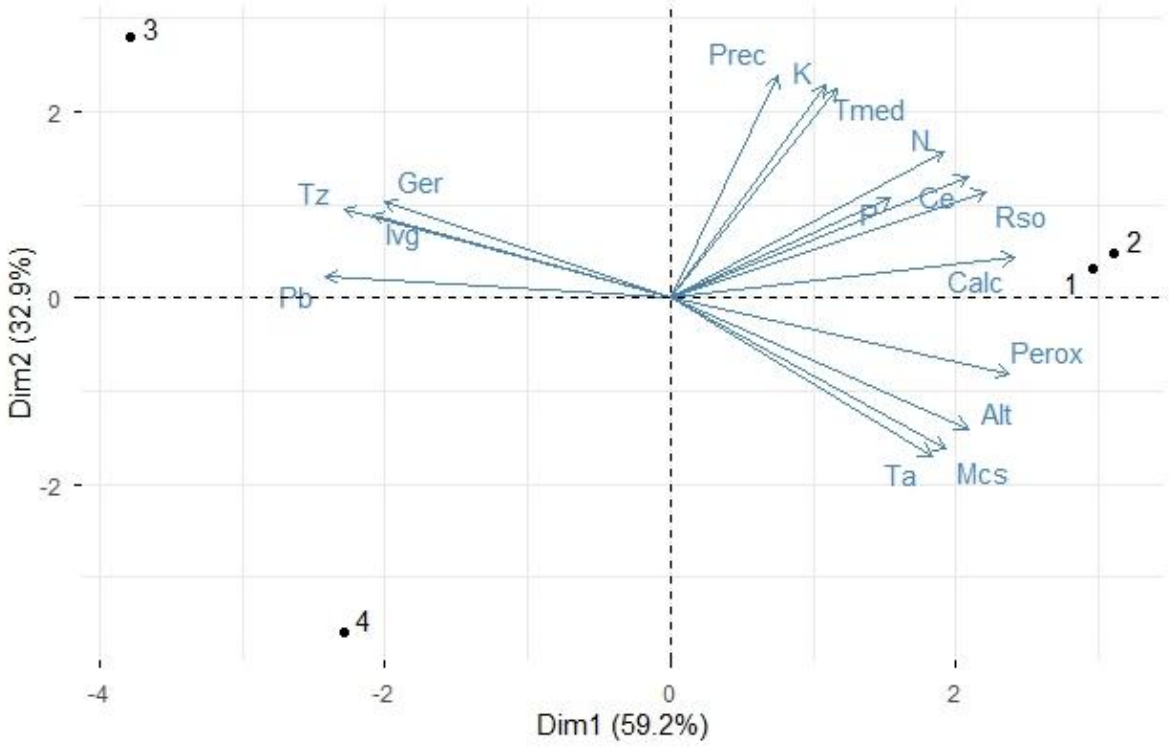
Figura 10 – Correlação entre parâmetros de qualidade fisiológica de sementes de *Megathyrsus maximus* cv. Massai e variáveis ambientais e de manejo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).
Legenda: (A) Qualidade × clima; (B) Qualidade × manejo.; Ger = germinação; Ce = condutividade elétrica; Ivg = índice de velocidade de germinação; Tz = teste de tetrazólio; Ta = teor de água; Mcs = massa de cem sementes; Perox = peróxido de hidrogênio; Pb = proteína bruta; Tmed = temperatura média; Prec = precipitação acumulada; Rso = radiação solar global; Alt = altitude; Calc = calagem; N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio.

A análise de componentes principais, reforçou esse padrão e permitiu discriminar os campos de produção. Observou-se que o Campo 02 se posicionou no mesmo quadrante e direção dos vetores associados à condutividade elétrica, radiação solar, nitrogênio, fósforo, potássio e calcário, indicando convergência com esse conjunto de variáveis e, portanto, forte influência do ambiente térmico e do manejo nutricional. Em oposição, o Campo 03 posicionou-se no quadrante contrário, associado às variáveis relacionadas à germinação, índice de velocidade de germinação e tetrazólio, evidenciando comportamento inverso em relação ao conjunto dominado pela condutividade elétrica. Os Campos 01 e 02 apresentaram posicionamentos intermediários, refletindo menor contribuição para a separação dos grupos (Figura 11).

Figura 11 – Análise de Componentes Principais (PCA) de parâmetros fisiológicos de sementes e variáveis de manejo e clima em campos de produção de *Megathyrsus maximus* cv. Massai.



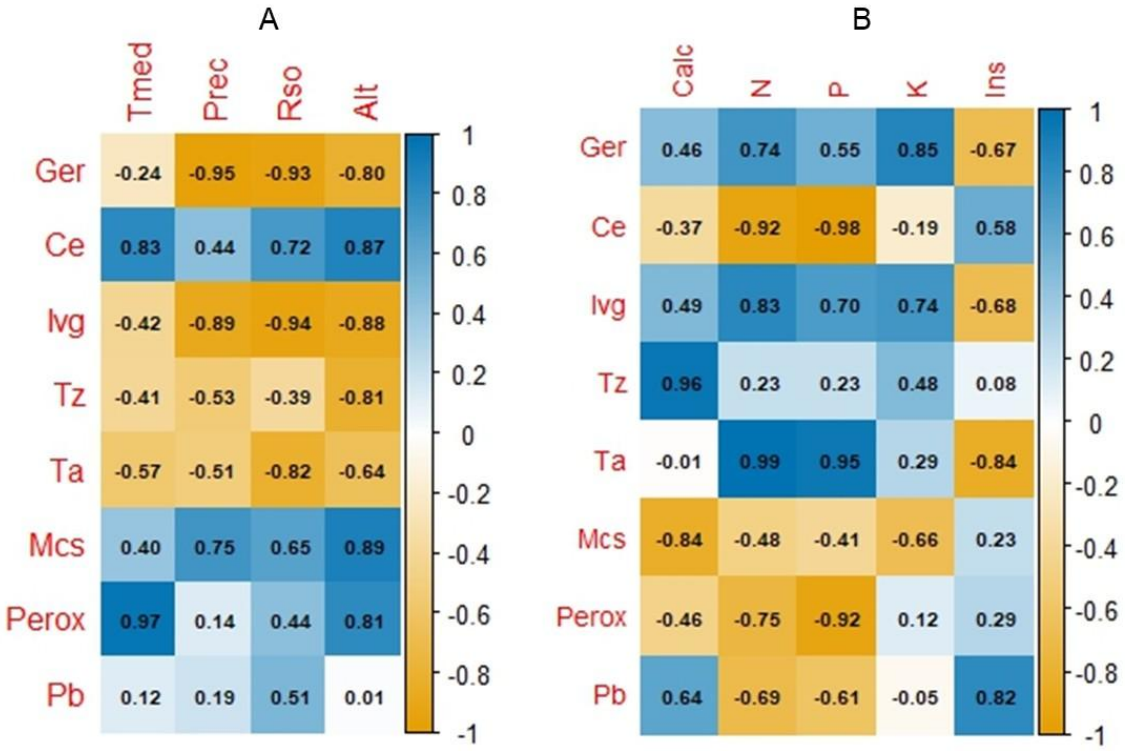
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).
Legenda: Ger = germinação; Ce = condutividade elétrica; Ivg = índice de velocidade de germinação; Tz = teste de tetrazólio; Ta = teor de água; Mcs = massa de cem sementes; Perox = peróxido de hidrogênio; Pb = proteína bruta; Calc = calagem; N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Tmed = temperatura média; Prec = precipitação acumulada; Rso = radiação solar global; Alt = altitude.

5.10.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12 Paredão

Verificaram-se correlações positivas fortes (r ≥ 0,80) entre variáveis de qualidade fisiológica, climáticas e de manejo. No conjunto qualidade × clima, a condutividade elétrica (CE) apresentou correlação positiva com a temperatura média (r = 0,83) e com a altitude (r = 0,87). A massa de cem sementes (Mcs) correlacionou-se positivamente com a altitude (r = 0,89), enquanto o peróxido de hidrogênio (Perox) apresentou correlação positiva com a temperatura média (r = 0,97) e com a altitude (r = 0,81), evidenciando associação consistente dessas variáveis com as condições ambientais avaliadas.

No conjunto qualidade × manejo, observaram-se correlações positivas entre germinação (Ger) e potássio (r = 0,85), índice de velocidade de germinação (IVG) e nitrogênio (r = 0,83), tetrazólio (Tz) e calagem (r = 0,96), além de teor de água (Ta) com nitrogênio (r = 0,99) e fósforo (r = 0,95). A proteína bruta (PB) também apresentou correlação positiva com a aplicação de inseticida (r = 0,82). Entretanto, essas associações devem ser interpretadas com cautela, pois representam relações estatísticas observadas entre os diferentes campos de produção e não permitem atribuir, isoladamente, efeito causal das práticas de manejo sobre as variáveis fisiológicas avaliadas. Dessa forma, os resultados sugerem que as variáveis de manejo acompanharam parte da variabilidade observada entre os campos, devendo sua interpretação considerar a interação simultânea entre os fatores edafoclimáticos e de manejo presentes no sistema de produção (Figura 12).

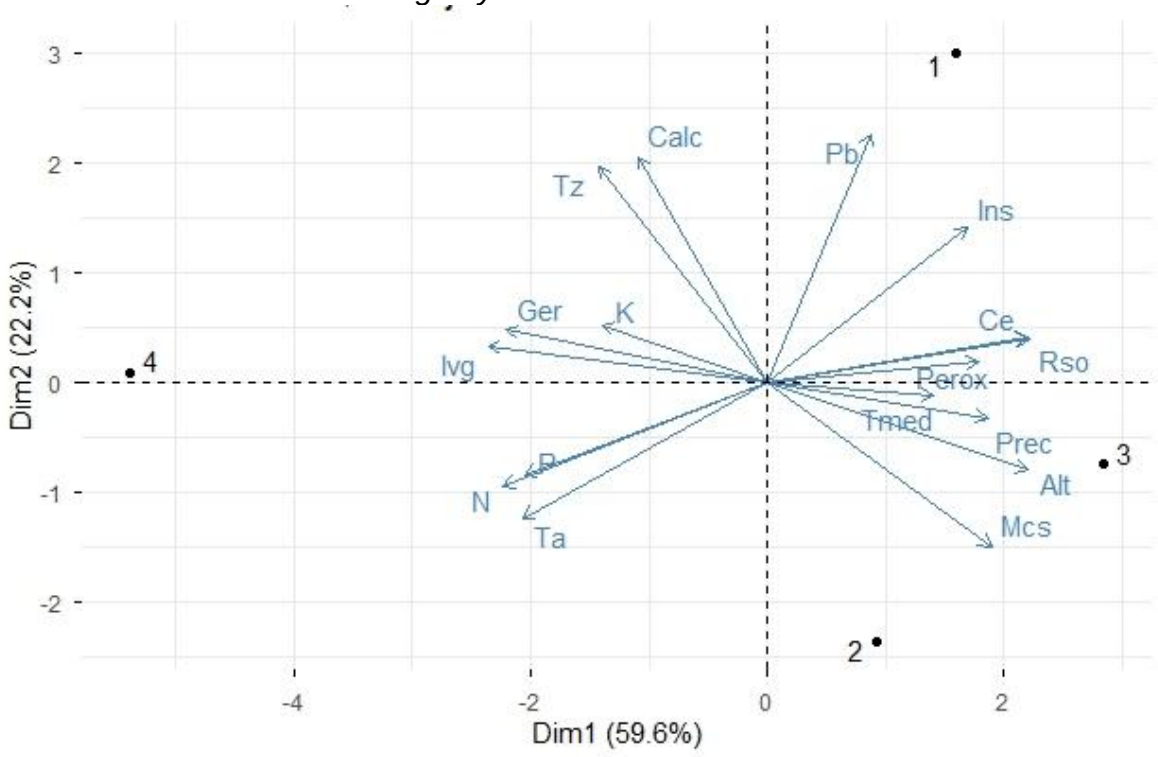
Figura 12 – Correlação entre parâmetros de qualidade fisiológica de sementes de *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão e variáveis ambientais e de manejo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).
Legenda: (A) Qualidade × clima; (B) Qualidade × manejo.; Ger = germinação; Ce = condutividade elétrica; Ivg = índice de velocidade de germinação; Tz = teste de tetrazólio; Ta = teor de água; Mcs = massa de cem sementes; Perox = peróxido de hidrogênio; Pb = proteína bruta; Calc = calagem; N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ins = inseticida.

Na PCA, as variáveis com maior contribuição no primeiro componente foram germinação, IVG, nitrogênio, fósforo e teor de água, com cargas negativas elevadas, e radiação solar global, altitude e condutividade elétrica, com cargas positivas elevadas. No segundo componente, destacaram-se proteína bruta, calagem e tetrazólio, com cargas positivas elevadas (Figura 13).

Figura 13 – Análise de Componentes Principais (PCA) de parâmetros fisiológicos de sementes e variáveis de manejo e clima em campos de produção de *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).
Legenda: Ger = germinação; Ce = condutividade elétrica; Ivg = índice de velocidade de germinação; Tz = teste de tetrazólio; Ta = teor de água; Mcs = massa de cem sementes; Perox = peróxido de hidrogênio; Pb = proteína bruta; Calc = calagem; N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Tmed = temperatura média; Prec = precipitação acumulada; Rso = radiação solar global; Alt = altitude.

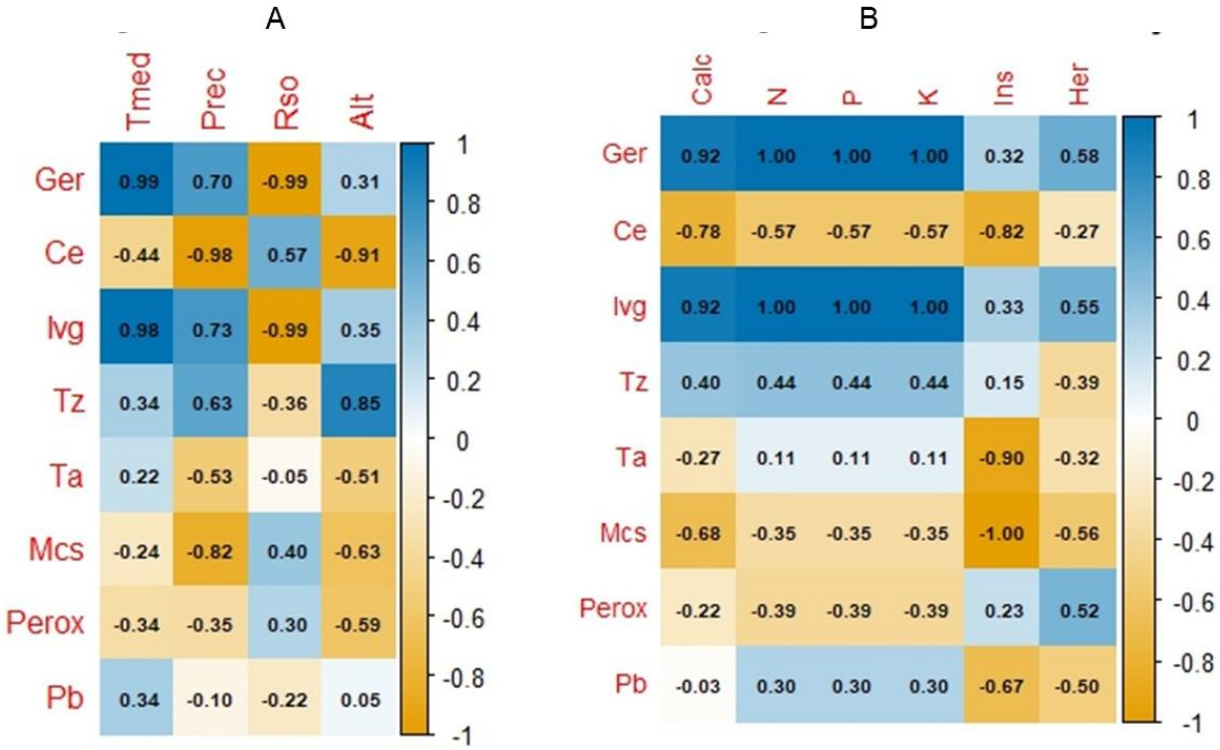
A estrutura de agrupamento mostrou dois conjuntos principais ao longo de Dim1, um formado por radiação solar global (Rso), altitude, condutividade elétrica e peróxido de hidrogênio; e outro composto por germinação, IVG, nitrogênio, fósforo e teor de água. O campo 04 posicionou-se próximo ao agrupamento formado por germinação, IVG e tetrazólio, enquanto os campos 01, 02 e 03 permaneceram no lado positivo de Dim1, associados principalmente às variáveis climáticas e à condutividade elétrica.

Assim, radiação solar global, altitude, condutividade elétrica, nitrogênio, fósforo, germinação e IVG constituíram o conjunto de variáveis mais determinante da variabilidade dos dados da cultivar MG12 Paredão.

5.10.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui

Observou-se associação positiva forte (r ≥ 0,80) entre variáveis de qualidade fisiológica e fatores climáticos. No conjunto qualidade × clima, a germinação (Ger) apresentou correlação positiva com a temperatura média (r = 0,99), assim como o índice de velocidade de germinação (IVG) (r = 0,98), indicando associação dessas variáveis com as condições térmicas dos ambientes de produção. O teste de tetrazólio (Tz) também apresentou correlação positiva com a altitude (r = 0,85), evidenciando a participação dessa variável na organização do conjunto de dados (Figura 14).

Figura 14 – Correlação entre parâmetros de qualidade fisiológica de sementes de *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui e variáveis ambientais e de manejo.



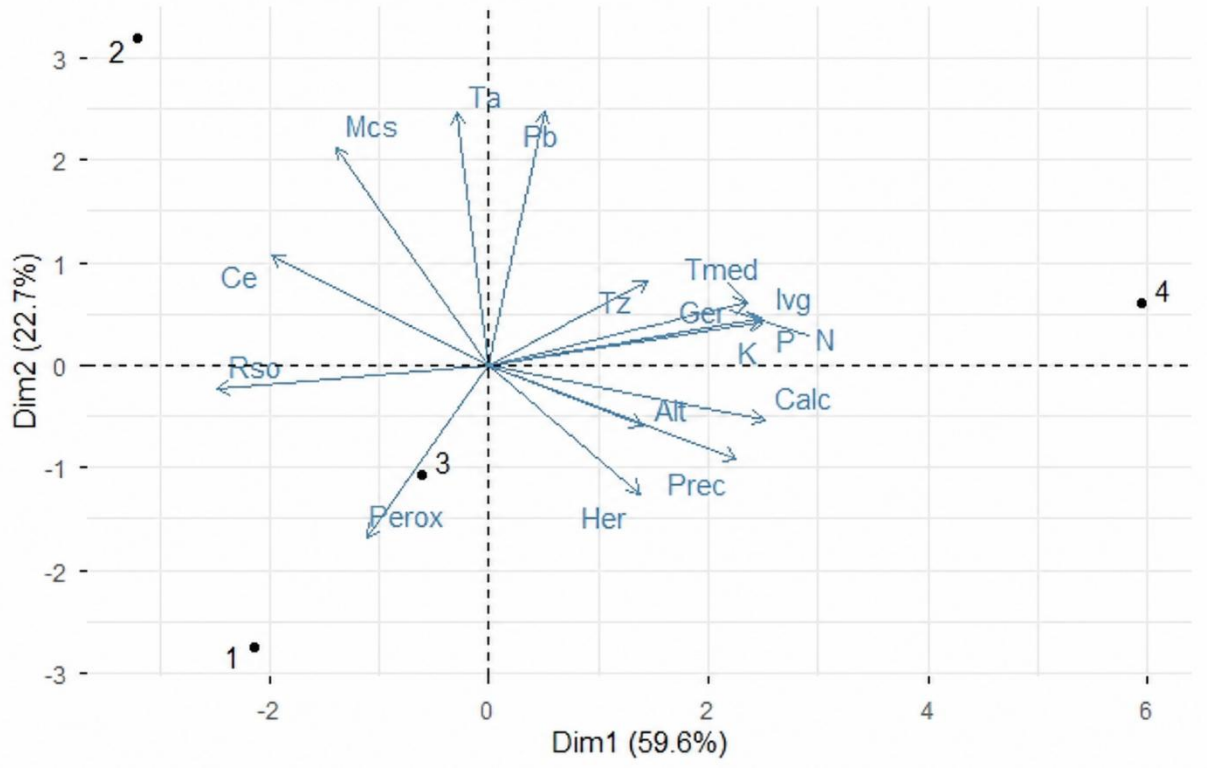
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).
Legenda: (A) Qualidade × clima; (B) Qualidade × manejo.; Ger = germinação; Ce = condutividade elétrica; Ivg = índice de velocidade de germinação; Tz = teste de tetrazólio; Ta = teor de água; Mcs = massa de cem sementes; Perox = peróxido de hidrogênio; Pb = proteína bruta; Calc = calagem; N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ins = inseticida; Her = Herbicida.

No conjunto qualidade × manejo, observaram-se correlações positivas entre germinação e calagem (r = 0,92), nitrogênio (r = 1,00), fósforo (r = 1,00) e potássio (r = 1,00). O índice de velocidade de germinação apresentou o mesmo padrão de associação, correlacionando-se positivamente com calagem (r = 0,92), nitrogênio (r = 1,00), fósforo (r = 1,00) e potássio (r = 1,00). Entretanto, essas associações devem ser interpretadas com cautela, pois representam relações estatísticas observadas entre os diferentes campos de produção, não sendo possível atribuir, isoladamente,

efeito causal das práticas de manejo sobre a germinação e o vigor das sementes. Dessa forma, os resultados sugerem que as variáveis de manejo estiveram associadas à variabilidade observada entre os campos, devendo-se considerar, em sua interpretação, a interação simultânea entre os fatores edafoclimáticos e de manejo presentes no sistema de produção.

Na PCA, os dois primeiros eixos sintetizaram a maior parte da variabilidade dos dados (Figura 15).

Figura 15 – Análise de Componentes Principais (PCA) de parâmetros fisiológicos de sementes e de variáveis de manejo e de clima em campos de produção de *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).
Legenda: Ger = germinação; Ce = condutividade elétrica; Ivg = índice de velocidade de germinação; Tz = teste de tetrazólio; Ta = teor de água; Mcs = massa de cem sementes; Perox = peróxido de hidrogênio; Pb = proteína bruta; Calc = calagem; N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Tmed = temperatura média; Prec = precipitação acumulada; Rso = radiação solar global; Alt = altitude.

No primeiro componente, as variáveis com maior contribuição foram germinação, IVG, tetrazólio, temperatura média, nitrogênio, fósforo e potássio no sentido positivo, em contraste com radiação solar global, condutividade elétrica e massa de cem sementes no sentido negativo. No segundo componente, destacaram-se teor de água e proteína bruta no sentido positivo, e peróxido de hidrogênio no sentido negativo

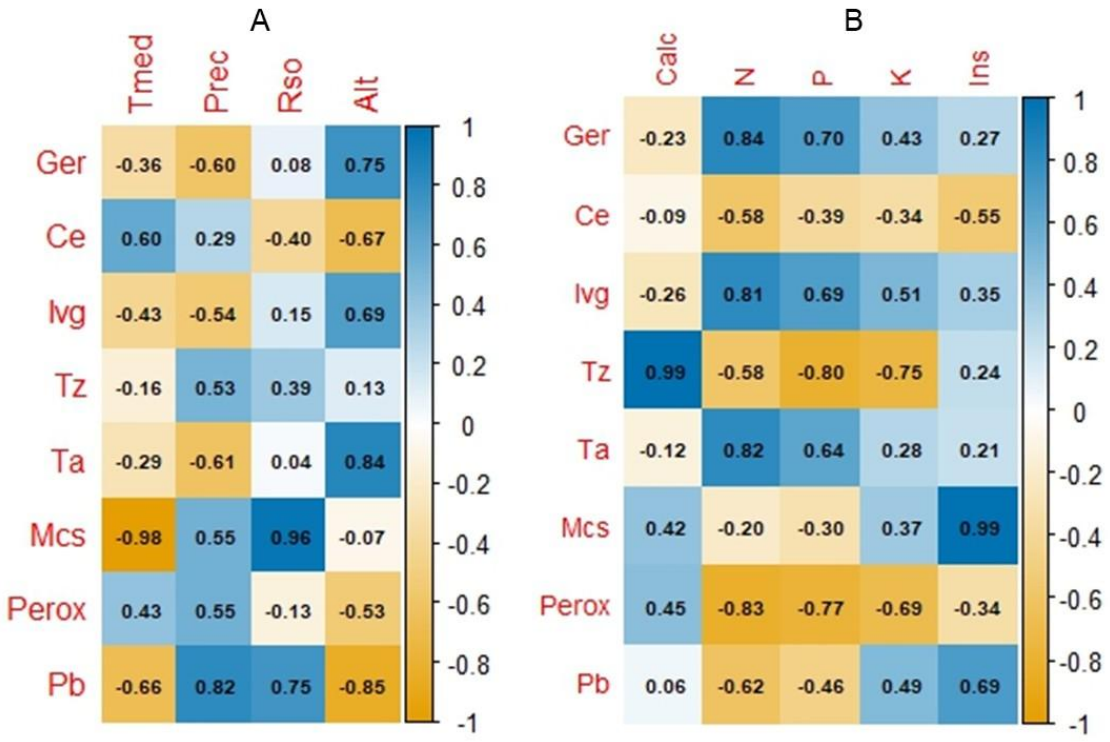
A estrutura de agrupamento mostrou um conjunto formado por germinação, IVG, temperatura média, N, P, K e calagem, com vetores próximos e orientados no mesmo sentido de Dim1. Em oposição, radiação solar global, condutividade elétrica, massa de cem sementes e peróxido de hidrogênio posicionaram-se no lado negativo do eixo. O ambiente 04 permaneceu isolado no lado positivo de Dim1, associado ao grupo formado por germinação, IVG, tetrazólio, temperatura média e variáveis de manejo nutricional, enquanto os Campos 01 e 02 ocuparam o lado negativo.

5.10.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça

Identificaram-se correlações positivas fortes (r ≥ 0,80) entre variáveis de qualidade fisiológica e fatores climáticos. No conjunto qualidade × clima, a massa de cem sementes (Mcs) apresentou correlação positiva com a radiação solar global incidente (r = 0,96), a proteína bruta (PB) com a precipitação (r = 0,82) e o teor de água (TA) com a altitude (r = 0,84), evidenciando associações consistentes entre essas variáveis e as condições ambientais dos campos de produção.

No conjunto qualidade × manejo, observaram-se correlações positivas entre germinação e nitrogênio (r = 0,84), índice de velocidade de germinação (IVG) e nitrogênio (r = 0,81), teste de tetrazólio (Tz) e calagem (r = 0,99), teor de água (TA) e nitrogênio (r = 0,82), além da massa de cem sementes (Mcs) e a aplicação de inseticida (r = 0,99). Entretanto, essas associações devem ser interpretadas com cautela, pois representam relações estatísticas observadas entre os diferentes campos avaliados e não permitem atribuir, isoladamente, um efeito causal das práticas de manejo sobre as características fisiológicas das sementes. Assim, os resultados indicam que as variáveis de manejo estiveram associadas à variabilidade observada entre os campos, devendo sua interpretação considerar a interação simultânea entre os fatores edafoclimáticos e de manejo presentes no sistema de produção (Figura 16).

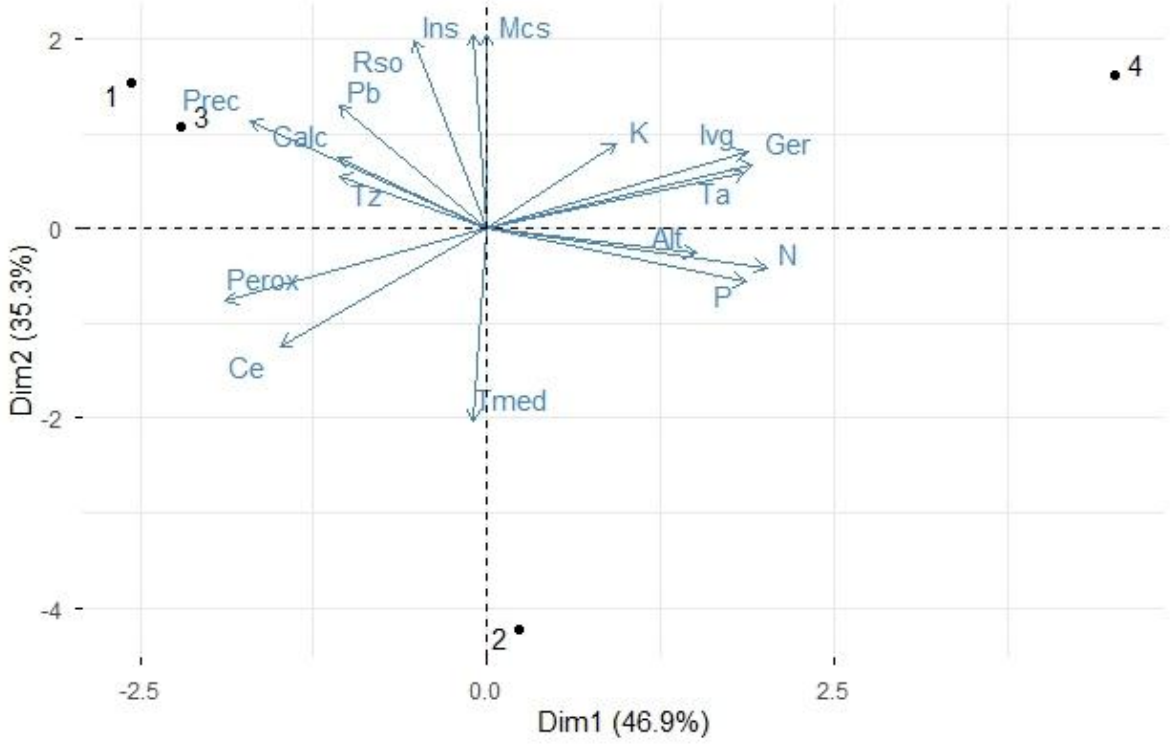
Figura 16 – Correlação entre parâmetros de qualidade fisiológica de sementes de *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça e variáveis ambientais e de manejo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).
Legenda: (A) Qualidade × clima; (B) Qualidade × manejo; Ger = germinação; Ce = condutividade elétrica; Ivg = índice de velocidade de germinação; Tz = teste de tetrazólio; Ta = teor de água; Mcs = massa de cem sementes; Perox = peróxido de hidrogênio; Pb = proteína bruta; Calc = calagem; N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ins = inseticida.

Na PCA, os dois primeiros eixos explicaram a maior parte da variabilidade total. No primeiro componente, as variáveis com maior contribuição foram nitrogênio, fósforo, germinação, IVG e teor de água, todas com cargas positivas elevadas, em contraste com o peróxido de hidrogênio e a precipitação, que apresentaram cargas negativas de alta magnitude. No segundo componente, destacaram-se a massa de cem sementes, o inseticida e a radiação solar global, com cargas positivas elevadas, enquanto a temperatura média apresentou carga negativa acentuada (Figura 17).

Figura 17 – Análise de Componentes Principais (PCA) de parâmetros fisiológicos de sementes e variáveis de manejo e clima em campos de produção de *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).
Legenda: Ger = germinação; Ce = condutividade elétrica; Ivg = índice de velocidade de germinação; Tz = teste de tetrazólio; Ta = teor de água; Mcs = massa de cem sementes; Perox = peróxido de hidrogênio; Pb = proteína bruta; Calc = calagem; N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Tmed = temperatura média; Prec = precipitação acumulada; Rso = radiação solar global; Alt = altitude.

A estrutura de agrupamento evidenciou dois conjuntos principais. O primeiro foi formado por germinação, IVG, teor de água, nitrogênio e fósforo, com vetores próximos no sentido positivo de Dim1. O segundo agrupamento reuniu massa de cem sementes, inseticida e radiação solar global no sentido positivo de Dim2. O Campo 04 posicionou-se próximo ao grupo formado por germinação, IVG, teor de água, N e P, enquanto os Campos 01 e 03 associaram-se ao conjunto constituído por massa de cem sementes, inseticida, radiação solar global e proteína bruta. O Campo 02 destacou-se pela proximidade com a temperatura média.

Assim, nitrogênio, fósforo, germinação, IVG e teor de água constituíram o principal conjunto de variáveis determinantes da variabilidade dos dados da cultivar Mombaça, enquanto massa de cem sementes, inseticida e radiação solar global definiram o segundo eixo de discriminação multivariada.

6 DISCUSSÃO

6.1 Massa de Cem Sementes (MCS)

6.1.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai

Na cultivar Massai (Figura 6-A), a MCS apresentou interação significativa entre Campo e Condição, indicando respostas distintas conforme a origem do lote e o armazenamento. Embora essa variável tenha apresentado estabilidade relativa no geral, o comportamento não foi uniforme entre os campos. A redução do teor de água (Tabela 09), em “Fr”, por exemplo, não se refletiu sempre em menor MCS, em alguns campos houve redução da massa, enquanto no Campo 04 ocorreu aumento, mesmo com menor TA. Assim, o estado hídrico pode ter influenciado a massa mensurada, mas não explica sozinho as variações observadas.

A MCS está relacionado principalmente à massa seca acumulada durante a formação e o enchimento das sementes. Esses processos dependem da disponibilidade de fotoassimilados e da relação fonte-dreno, além de poderem ser influenciados pela temperatura, pelo estresse hídrico e pelo suprimento nutricional da planta-mãe (Önder *et al*., 2022; Kristó *et al*., 2023). A disponibilidade de assimilados durante o período reprodutivo, inclusive nas fases finais do enchimento, também pode contribuir para a massa final das sementes (Chiluwal; Kawashima; Salmeron, 2022).

Como a massa seca é estabelecida próximo à maturidade fisiológica, tende a apresentar relativa estabilidade durante o armazenamento, sendo assim, variações no teor de água podem alterar a massa mensurada por ajustes higroscópicos, especialmente no curto prazo. No presente estudo, esse efeito parece ter sido secundário em relação às diferenças associadas à formação dos lotes no campo (Marcos-Filho, 2015).

6.1.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão

Para MG12-Paredão (Figura 6-B), a MCS apresentou baixa variação entre campos e condições de armazenamento. Os Campos 02 e 03 tiveram valores ligeiramente superiores aos dos Campos 01 e 04, indicando diferenças discretas entre os lotes. De

modo geral, o armazenamento em ambiente ou sob refrigeração não provocou alterações expressivas nessa variável.

As oscilações da MCS podem estar parcialmente relacionadas às variações do TA (Tabela 9), pois as sementes trocam água com o ambiente até alcançar equilíbrio com a umidade relativa e a temperatura. No entanto, como a MCS reflete principalmente a massa seca acumulada durante o enchimento, os ajustes higroscópicos tendem a ter influência secundária sobre a variável (Marcos-Filho, 2015). Assim, a relativa estabilidade observada em MG12-Paredão é compatível com a baixa variação entre campos e condições encontrada neste estudo.

6.1.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui

No Miyagui (Figura 6-C), a MCS apresentou efeitos significativos de Campo, de Condição e da interação entre esses fatores. Os Campos 01 e 02 apresentaram os maiores valores médios, enquanto os Campos 03 e 04 tiveram valores ligeiramente inferiores. A resposta ao armazenamento também variou entre campos, nos Campos 01, 03 e 04, a MCS foi maior em “Am” e menor em “Fr”, no Campo 02, o maior valor ocorreu em “In”.

Parte da redução da MCS em Fr pode estar relacionada à diminuição do TA, principalmente nos Campos 01 e 02. Contudo, essa variavel não ocorreu de forma uniforme, indicando que o estado hídrico contribuiu para a massa mensurada, mas não foi o único fator relacionado às diferenças observadas. A padronização do teor de água entre amostras é importante para reduzir interferências higroscópicas na determinação da MCS. Além disso, a heterogeneidade física formada durante o desenvolvimento das sementes pode contribuir para a variação entre lotes (Marcos-Filho, 2015; Carvalho; Nakagawa, 2012).

6.1.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça

Para cultivar Mombaça (Figura 6-D), a MCS variou entre campos e condições de armazenamento, sem redução uniforme sob refrigeração. Os Campos 01 e 04 apresentaram, em geral, os maiores valores, enquanto o Campo 02 teve os menores, principalmente em “Am” e “Fr”. O Campo 03 apresentou comportamento intermediário. Dentro dos campos, “In” foi igual ou superior às demais condições em alguns casos,

mas “Fr” foi superior a Am em outros, confirmando que a resposta ao armazenamento variou entre lotes.

Parte dessa variação pode estar relacionada ao TA, cujas reduções ocorreram principalmente em “Fr” (Tabela 9). Entretanto, campos com maior redução de TA nem sempre apresentaram queda proporcional da MCS. O Campo 02, que teve os menores valores de MCS em “Am” e “Fr”, também esteve vinculado a maior temperatura média e menor precipitação acumulada em comparação com outros campos, essa associação pode ser considerada na interpretação, mas não demonstra que tais condições tenham limitado o enchimento das sementes. O Campo 04, por sua vez, apresentou maior estabilidade da MCS entre condições.

A MCS em Mombaça pode refletir uma combinação de condições de formação no campo, heterogeneidade física dos lotes e ajustes higroscópicos durante o armazenamento. Estudos sobre beneficiamento dessa cultivar mostram que o processamento pode separar frações com diferentes massas e densidades (Melo *et al*., 2016). Portanto, os resultados observados não devem ser atribuídos exclusivamente à refrigeração.

6.2 Teor de água (TA) e viabilidade pelo teste de tetrazólio (TZ)

Após seis meses de armazenamento, o teor de água (Tabela 9) e a viabilidade estimada pelo teste de tetrazólio (TZ) apresentaram respostas distintas entre cultivares e campos. Em geral, o TA diminuiu em Am e Fr em relação à condição inicial “In”, mas a intensidade da variação dependeu do lote. Esse comportamento é compatível com a natureza higroscópica das sementes, que tendem a equilibrar seu teor de água com a umidade relativa e a temperatura do ambiente. Diferenças entre adsorção e dessorção também podem gerar histerese e respostas distintas entre lotes com históricos hídricos diferentes (Hay; Rezaei; Buitink, 2022; Rezaei; Buitink; Hay, 2023).

A longevidade em sementes ortodoxas é influenciada pelo teor de água e pela temperatura de armazenamento. Em geral, baixos teores de água e temperaturas reduzidas retardam a perda de viabilidade. Sementes ortodoxas maduras podem tolerar secagem para teores de água mais baixos quando conservadas adequadamente (Corbineau, 2024). Ainda assim, a variação de TZ não acompanhou proporcionalmente a

variação do TA em todos os lotes, o que também pode estar relacionado à qualidade inicial e ao histórico prévio de armazenamento (Ellis; Roberts, 1980; Corbineau, 2024).

6.2.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai

Na cultivar Massai, o TA diminuiu após o armazenamento, principalmente em “Fr” (Tabela 9). A resposta variou entre campos no “Am”, os Campos 01, 02 e 03 apresentaram redução, enquanto o Campo 04 teve discreto aumento. Em “Fr”, o TA diminuiu em todos os campos, com maior redução no Campo 01 e menor no Campo 04. Portanto, embora a tendência geral tenha sido de redução, sua magnitude dependeu do lote de origem.

A viabilidade pelo TZ foi menor em “Am”, enquanto em “Fr” permaneceu mais próxima da condição inicial, sugerindo melhor manutenção da viabilidade sob refrigeração. Essa resposta, contudo, não acompanhou linearmente as alterações do TA. No Campo 04, o aumento do TA em Am não foi acompanhado por aumento de TZ; no Campo 01, houve redução expressiva de TZ mesmo com queda moderada do TA. Assim, a resposta ao armazenamento pode estar relacionada também à qualidade inicial e ao histórico dos lotes, além do estado hídrico final (Ellis; Roberts, 1980; Corbineau, 2024; Ranganathan; Groot, 2023).

6.2.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão

Em MG-12 Paredão, o TA diminuiu após o armazenamento, em geral com maior redução em Fr (Tabela 9). Em “Am”, o Campo 01 apresentou aumento de TA, enquanto os demais campos tiveram redução, mais acentuada no Campo 02. Em “Fr”, o TA diminuiu em todos os campo a maior redução também ocorreu no Campo 02, e o Campo 03 apresentou maior estabilidade.

A viabilidade pelo TZ apresentou a maior redução em Am entre as cultivares avaliadas. Em “Fr”, as médias permaneceram próximas às da condição inicial. No Campo 04, a viabilidade caiu em “Am”, mas foi praticamente mantida em “Fr”. Como a variação de TZ não correspondeu uniformemente à de TA, a resposta observada pode estar associada tanto à condição de armazenamento quanto à qualidade inicial dos lotes (Ellis; Roberts, 1980; Corbineau, 2024; Pirredda *et al*., 2024).

6.2.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui

Em Miyagui, o TA apresentou menor variação média em “Am” e redução mais acentuada em “Fr”, embora a resposta variasse entre campos. Em “Am”, a menor redução ocorreu no Campo 02 e a maior, no Campo 01. Em “Fr”, o Campo 03 apresentou leve aumento de TA, enquanto os demais campos tiveram redução. Essas diferenças podem refletir o equilíbrio entre as sementes e o ambiente, bem como o histórico de adsorção e dessorção de água dos lotes (Hay; Rezaei; Buitink, 2022; Rezaei; Buitink; Hay, 2023).

A colheita de Miyagui foi realizada no cacho, diferentemente das demais cultivares. O método de colheita e o estádio de maturação podem influenciar a composição e a qualidade dos lotes (Machado *et al*., 2019). É possível que essa característica tenha contribuído para a variação observada no TA; entretanto, essa hipótese não foi testada isoladamente neste estudo (Marcos-Filho, 2015).

A viabilidade pelo TZ diminuiu após o armazenamento, com redução mais acentuada em Am. Em “Fr”, a queda foi atenuada, mas as médias não retornaram aos valores iniciais. A resposta também variou entre campos, em Campo 03, o aumento discreto do TA em “Fr” não foi acompanhado por aumento de TZ. Esses resultados indicam que a manutenção da viabilidade não dependeu apenas do TA final, podendo também estar relacionada à qualidade inicial dos lotes e às condições de armazenamento (Corbineau, 2024; Ranganathan; Groot, 2023).

6.2.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça

Mombaça apresentou a maior redução média de TA após o armazenamento, tanto em “Am” quanto em “Fr” (Tabela 9), embora a intensidade tenha variado entre campos. A viabilidade pelo TZ diminuiu de forma mais moderada e a redução foi mais acentuada em “Am”. Essa resposta não foi proporcional à variação de TA, no Campo 04, a redução do teor de água não correspondeu a uma queda equivalente de TZ em “Am”, já no Campo 03, a perda de viabilidade foi mais acentuada, embora esse campo não tivesse a maior redução de TA.

Assim, o TA final, isoladamente, não explica a resposta de Mombaça. A longevidade das sementes depende da interação entre teor de água, temperatura, qualidade inicial e suscetibilidade do lote ao envelhecimento (Ellis; Roberts, 1980;

Corbineau, 2024; Pirredda *et al*., 2024). Além disso, a composição física e as etapas de beneficiamento podem influenciar a qualidade dos lotes dessa cultivar (Melo *et al*., 2016).

De forma geral, o TA foi menor após o armazenamento, embora a redução variasse entre cultivares e campos. Miyagui apresentou maior estabilidade média em “Am”, enquanto Mombaça teve a maior redução. Para o TZ, os resultados em Am foram inferiores aos iniciais, em “Fr”, a viabilidade ficou mais próxima da condição inicial, especialmente em MG-12 Paredão. O IVG também variou entre cultivares: apresentou valores relativamente mais elevados em “Fr” para Massai e Mombaça, enquanto Miyagui teve recuperação parcial.

Em conjunto, os resultados mostram que a resposta das sementes ao armazenamento não foi explicada apenas pelo TA final. A manutenção da viabilidade esteve relacionada às condições de armazenamento e às características iniciais e ao histórico dos lotes (Ellis; Roberts, 1980; Corbineau, 2024).

6.3 Germinação

6.3.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai

Na cultivar Massai (Tabela 10), a germinação variou entre campos e condições de armazenamento. Os Campos 02 e 03 apresentaram germinação mais elevada em “Am” e “Fr”, enquanto os Campos 01 e 02 tiveram desempenho inferior na condição inicial. Nos Campos 01 e 02, o aumento observado após o armazenamento pode estar associado à redução de dormência residual presente à colheita. A pós-maturação pode alterar a sensibilidade das sementes aos sinais ambientais e o balanço hormonal relacionado à dormência e à germinação (Finch-Savage; Footitt, 2017; Cabrera *et al*., 2020).

Nos Campos 03 e 04, a menor variação entre condições indica maior estabilidade da germinação durante o período avaliado. As diferenças entre campos podem refletir variações na qualidade inicial e nas condições de formação das sementes, incluindo o estádio de maturidade fisiológica (Ellis; Roberts, 1980; Marcos-Filho, 2015).

O Campo 03 destacou-se pelo desempenho germinativo e apresentou temperatura média adequada e precipitação moderada durante o florescimento, além de

menor precipitação durante a colheita (Figura 2). Essas condições podem ter reduzido a exposição das sementes a ciclos de umedecimento e secagem antes da colheita. A ocorrência de chuvas nesse período pode favorecer a deterioração e a lixiviação de solutos (Marcos-Filho, 2015). As condições ambientais vivenciadas pela planta-mãe também podem influenciar a dormência primária e o comportamento posterior das sementes (Vivian *et al*., 2008).

A disponibilidade de radiação durante a fase vegetativa pode ter favorecido a atividade fotossintética e o acúmulo de fotoassimilados, enquanto sua redução nas fases seguintes acompanhou o avanço sazonal do ciclo. A radiação solar também participa da estimativa da evapotranspiração e do balanço hídrico, influenciando o desenvolvimento das plantas e a produção de sementes, conforme descrito pela Embrapa. Ainda assim, a germinação relativamente superior nos Campos 02 e 03 não pode ser atribuída a uma única variável climática, pois os resultados refletem condições ambientais combinadas.

6.3.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão

A cultivar MG-12 Paredão (Tabela 10) apresentou germinação mais restritiva que as demais. O Campo 04 teve o maior desempenho entre os campos dessa cultivar, embora a germinação tenha permanecido moderada. No Campo 03, os valores foram baixos em todas as condições, com pouca alteração após o armazenamento. Como essa limitação já estava presente na avaliação “In”, pode estar relacionada às condições de formação das sementes ou às características do lote, mas os resultados não permitem determinar sua causa isoladamente (Marcos-Filho, 2015).

Nos Campos 01 e 02, a germinação foi superior em “Am” e “Fr” em relação a “In”, indicando possível superação parcial da dormência. O incremento, contudo, foi limitado. Dormência e deterioração são processos distintos que podem coexistir, restringindo simultaneamente a germinação (Xing *et al*., 2025). Assim, o armazenamento pode ter favorecido a expressão de parte do potencial germinativo sem eliminar as limitações estabelecidas durante a formação das sementes, como também observado em *Megathyrsus maximus* e outras gramíneas forrageiras (Harty *et al*., 1983; Martins; Silva, 1998).

O melhor desempenho relativo do Campo 04 pode estar associado às condições ambientais durante a colheita (Figura 3). Embora os campos tenham apresentado condições semelhantes durante o florescimento, o Campo 04 teve menor precipitação na colheita, enquanto o Campo 03 recebeu um volume maior de chuva. A menor exposição à reidratação pode ter reduzido o risco de deterioração, lixiviação de solutos e aumento da respiração das sementes (Marcos-Filho, 2015). As condições térmicas durante a formação também podem estar relacionadas à expressão da dormência primária (Vivian *et al.*, 2008).

A radiação incidente foi semelhante entre os campos, apesar da variação na germinação. Isso indica que a disponibilidade de radiação, considerada isoladamente, não explica o padrão observado, temperatura, precipitação e manejo também podem ter contribuído para as diferenças entre os lotes.

6.3.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui

Na cultivar Miyagui (Tabela 10), os lotes apresentaram desempenho entre baixo e moderado. O Campo 04 destacou-se nas condições “Am” e “Fr”, enquanto o Campo 01 apresentou forte restrição em “In”. A germinação aumentou após o armazenamento nos Campos 01, 03 e 04, comportamento compatível com a superação parcial de dormência residual. Em sementes de gramíneas do gênero *Megathyrsus*, a pós-maturação pode favorecer a transição do estado dormente para o não dormente (Finch-Savage; Leubner-Metzger, 2006; Martins; Silva, 1998).

O Campo 02 apresentou maior estabilidade entre condições, indicando menor dependência do armazenamento para expressar a germinação. De modo geral, o armazenamento não uniformizou o desempenho entre campos, que permaneceu associado às diferenças de qualidade inicial e às condições de formação das sementes (Marcos-Filho, 2015).

O desempenho do Campo 04 pode estar relacionado às condições observadas durante o florescimento e, principalmente, na colheita (Figura 4). A baixa precipitação no florescimento pode ter reduzido interferências na formação das sementes, e a precipitação praticamente nula durante a colheita pode ter diminuído a exposição a ciclos de reumedecimento e à deterioração em campo. A ocorrência de chuvas nesse período pode favorecer a reidratação e a lixiviação de solutos (Marcos-Filho, 2015). As

condições térmicas durante a formação também podem ter influenciado a expressão da dormência primária (Vivian *et al*., 2008).

Embora o Campo 04 tenha apresentado menor radiação durante a colheita, teve a maior germinação. Portanto, nas condições deste estudo, não se observou uma associação que permita relacionar, isoladamente, a redução da radiação durante a maturação à diminuição da qualidade fisiológica.

6.3.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça

A cultivar Mombaça (Tabela 10) apresentou forte diferença entre a condição inicial e as condições de armazenamento, a germinação inicial foi muito baixa, enquanto os valores em “Am” e “Fr” foram mais altos, com destaque para “Am”. Esse aumento é compatível com a presença de dormência à colheita e sua redução durante o armazenamento (Harty *et al*., 1983; Finch-Savage; Leubner-Metzger, 2006; Cabrera *et al.*, 2020). Entre os materiais avaliados, Mombaça apresentou a resposta mais evidente de aumento da germinação após o armazenamento, o que não permite atribuir a baixa germinação inicial exclusivamente à deterioração ou à inviabilidade.

O Campo 03 manteve desempenho inferior em todas as condições, indicando uma limitação pouco alterada pelo armazenamento. Assim, apesar do aumento da germinação em outros lotes, a origem do campo continuou associada às diferenças observadas entre as sementes.

A radiação global apresentou pouca variação entre campos. A precipitação total também foi semelhante, mas o Campo 04 teve menor frequência de eventos de chuva e maior estabilidade hídrica durante a colheita (Figura 5). Essas condições podem ter reduzido as variações de umidade e a exposição das sementes à reidratação, fatores associados à deterioração em campo (Marcos-Filho, 2015). Dessa forma, o desempenho do Campo 04 pode estar relacionado à combinação das condições ambientais, sem que seja possível atribuí-lo exclusivamente à precipitação ou à radiação.

Em conjunto, os resultados mostram que a germinação variou entre campos e cultivares e que o armazenamento esteve associado à expressão do potencial germinativo de alguns lotes, possivelmente pela redução da dormência. Essa resposta foi mais evidente em materiais com germinação inicial restrita, mas não ocorreu de forma

uniforme, alguns lotes apresentaram pouca alteração, e o desempenho inferior do Campo 03 em MG-12 Paredão e Mombaça persistiu após o armazenamento.

A germinação deve, portanto, ser interpretada considerando a qualidade inicial do lote, as condições de formação no campo e o armazenamento (Ellis; Roberts, 1980; Marcos-Filho, 2015; Corbineau, 2024). A pós-maturação pode envolver alterações metabólicas e bioquímicas associadas à redução gradual da dormência, mas sua expressão depende das características das sementes e das condições de conservação (Baskin, 2004; Marcos-Filho, 2015).

No presente estudo, os campos com distribuição hídrica mais favorável durante o crescimento vegetativo e redução das chuvas na maturação apresentaram, em alguns casos, maior germinação. Essa observação deve ser considerada no contexto das condições climáticas combinadas ao longo do ciclo. Temperatura, precipitação, evapotranspiração e deficiência hídrica podem influenciar o desenvolvimento das plantas, os estádios fenológicos e a produção de sementes de forrageiras tropicais (Assad *et al*., 2026).

6.4 Peróxido de hidrogênio (H_2O_2)

6.4.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai

Na cultivar Massai (Figura 9A), houve interação significativa entre Campo e Condição, indicando que a variação dos teores de H_2O_2 entre as condições de armazenamento dependeu do campo de origem. Os Campos 01 e 02 apresentaram teores elevados e estatisticamente estáveis em “In”, “Am” e “Fr”, apesar de uma discreta tendência numérica de redução durante o armazenamento.

O Campo 03 apresentou os menores teores em todas as condições e também se destacou pelo melhor desempenho germinativo da cultivar. Essa correspondência indica uma associação entre as variáveis, mas não permite concluir que o menor teor de H_2O_2 tenha causado a maior germinação ou, por si só, comprove maior equilíbrio redox. A interpretação do marcador deve considerar o funcionamento dos sistemas antioxidantes e o contexto metabólico das sementes (Anand *et al*., 2019; Agostini *et al*., 2022).

No Campo 04, os teores aumentaram após o armazenamento, tanto em “Am” quanto em “Fr”, em relação a “In”. Essa variação indica alteração nos teores do

composto, mas não permite determinar, isoladamente, se houve mudança na sinalização metabólica ou aumento de processos associados ao estresse oxidativo. Como o H_2O_2 pode exercer ambas as funções, sua interpretação deve permanecer associada às demais variáveis fisiológicas (Anand *et al*., 2019; Wojtyla *et al*., 2016)

6.4.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão

Na cultivar MG-12 Paredão (Figura 9B), houve efeito significativo de Campo, mas não de Condição nem da interação Campo × Condição. Os Campos 01 e 02 apresentaram os maiores teores de H_2O_2, o Campo 03 ocupou posição intermediária e o Campo 04 apresentou os menores valores. Assim, as diferenças entre campos foram detectadas, mas não se observaram diferenças estatísticas atribuídas às condições de armazenamento avaliadas.

No Campo 04, os menores teores de H_2O_2 coincidiram com melhor desempenho germinativo. Essa relação constitui uma associação entre as variáveis, mas não demonstra que o teor de H_2O_2 tenha determinado a germinação. Da mesma forma, os maiores teores nos Campos 01 e 02 não permitem concluir, isoladamente, que esses lotes apresentaram maior deterioração. A interpretação depende do equilíbrio entre o H_2O_2 e os mecanismos antioxidantes, pois sua ação pode ser favorável ou prejudicial conforme o contexto fisiológico (Anand *et al*., 2019; Agostini *et al*., 2022)

6.4.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui

Para a cultivar Miyagui (Figura 9C), o Campo 04 apresentou, na condição inicial, teores de H_2O_2 significativamente inferiores aos dos demais campos. Esse campo também se destacou pelo melhor desempenho germinativo, o que indica associação entre os resultados, mas não permite afirmar que o menor teor de H_2O_2 tenha causado a maior germinação ou que, isoladamente, comprove menor estresse oxidativo.

Após o armazenamento em “Am” e “Fr”, as diferenças entre os campos se reduziram, com aproximação estatística dos teores. Na análise por campo, observou-se aumento de H_2O_2 em Am no Campo 01 e em “Am” e “Fr” no Campo 04. Nos Campos 02 e 03, as variações foram menores. Portanto, a resposta não foi uniforme entre os

lotes. Diferenças de maturidade fisiológica, metabolismo residual e atividade antioxidante podem estar relacionadas a esse padrão, embora esses fatores não tenham sido avaliados diretamente.

O H_2O_2 integra processos de sinalização e de resposta ao estresse oxidativo, e seu efeito depende do balanço entre produção e detoxificação das espécies reativas de oxigênio (Hasanuzzaman *et al*., 2020; Chakraborti *et al*., 2022). Sendo assim, os resultados para Miyagui indicam variação do marcador entre campos e condições, mas não permitem atribuir a ele, isoladamente, a explicação das diferenças de qualidade fisiológica.

6.4.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça

Em Mombaça (Figura 9D), os maiores teores de H_2O_2 foram observados nos Campos 01, 02 e 03, enquanto o Campo 04 apresentou valores menores. Também se observou uma tendência de redução dos teores durante o armazenamento, mais acentuada em “Fr”.

O Campo 04 apresentou simultaneamente menores teores de H_2O_2 e melhor desempenho germinativo. Essa semelhança indica uma associação entre os resultados, mas não demonstra que o menor teor tenha causado a maior germinação ou represente, por si só, menor estresse oxidativo. A redução observada durante o armazenamento, especialmente em “Fr”, também não permite concluir isoladamente que houve benefício fisiológico. A resposta do H_2O_2 depende do contexto metabólico e da intensidade de sua exposição (Wojtyla *et al*., 2016; Rodrigues *et al*., 2021).

Para Mombaça, portanto, os teores de H_2O_2 devem ser interpretados em conjunto com a germinação, o IVG e a condutividade elétrica. Essa análise integrada permite descrever melhor as respostas dos lotes sem usar a concentração do composto como indicador isolado de qualidade fisiológica.

6.5 Condutividade elétrica

6.5.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai

Na cultivar Massai (Figura 8A), a condição de armazenamento apresentou efeito significativo sobre a CE. Os valores foram menores em “In” e maiores em “Am”

e “Fr”, cujas médias foram estatisticamente semelhantes. Padrão esse, observado nos campos avaliados, embora sua interpretação deva considerar os resultados da análise de interação entre Campo e Condição.

A análise conjunta com a germinação mostrou que “In”, apesar de apresentar menor CE, também esteve associada a menores percentuais de germinação, especialmente nos Campos 01 e 02. Em “Am” e “Fr”, a germinação aumentou, com destaque para o Campo 03, que apresentou germinação elevada e CE de intermediária a elevada. Já o Campo 01 combinou menor germinação com CE elevada após o armazenamento. Portanto, a relação entre CE e germinação não foi uniforme entre os campos.

O aumento da germinação após o armazenamento pode ser compatível com uma possível redução da dormência, uma vez que a dormência já foi descrita em sementes de *Megathyrsus maximus* (Cabrera *et al*., 2020) e o armazenamento seco pode favorecer a superação da dormência em algumas espécies de Poaceae (Baskin; Baskin, 2020). No entanto, essa hipótese não pode ser confirmada apenas pela comparação com a condutividade elétrica (CE). Valores mais altos de CE indicam maior liberação de solutos durante a embebição e podem estar relacionados à integridade das membranas, mas não comprovam, isoladamente, perda funcional do lote ou desorganização das membranas (Fessel *et al*., 2006; Marcos-Filho, 2015). Assim, os resultados devem ser interpretados em conjunto, sem atribuir exclusivamente ao armazenamento as diferenças observadas entre os lotes.

6.5.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão

Na cultivar MG-12 Paredão (Figura 8B), houve interação significativa entre Campo e Condição, indicando que a variação da CE entre as condições de armazenamento não foi igual em todos os campos. Na condição “In”, o Campo 04 apresentou os menores valores, enquanto os Campos 01, 02 e 03 apresentaram valores superiores.

Após o armazenamento, a CE aumentou em todos os campos, mas com intensidades distintas. Os Campos 01 e 03 apresentaram os maiores valores, sobretudo em “Fr”, o Campo 02 apresentou valores intermediários, e o Campo 04 também teve aumento, mas manteve valores relativamente menores que os demais.

Na condição inicial, o Campo 04 apresentou menor CE e maior germinação nas condições avaliadas. Em contraste, o Campo 03 apresentou CE mais elevada e menor germinação. Essa associação entre as variáveis não demonstra que a CE, por si só, explique o desempenho germinativo. Nos Campos 01 e 02, a germinação aumentou em “Am”, embora a CE também tenha aumentado. Essa resposta distinta pode ser compatível com a superação parcial da dormência, mas os resultados não permitem confirmar esse processo isoladamente.

Também foram observadas variações nos teores de H_2O_2. Embora essa molécula possa participar de processos de sinalização e de respostas oxidativas (Wojtyla *et al*., 2016), os dados não permitem afirmar que suas variações tenham causado o aumento da CE. As diferenças entre os campos podem estar associadas a condições de produção e características iniciais dos lotes, mas não é possível isolar a contribuição de cada fator. As condições ambientais durante o ciclo reprodutivo são discutidas como componentes relacionados à produção e à qualidade de sementes de gramíneas tropicais (Hopkinson; English, 2005)

6.5.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui

No Miyagui (Figura 8C), os valores de CE aumentaram em “Am” e “Fr” em relação a “In”, e também variaram entre os campos. Na condição inicial, os Campos 03 e 04 apresentaram os menores valores, enquanto os Campos 01 e 02 apresentaram valores superiores. Após o armazenamento, a CE aumentou nos campos avaliados, com os maiores valores no Campo 02.

A germinação também aumentou após o armazenamento, especialmente no Campo 01, o aumento simultâneo da CE e da germinação mostra que essas variáveis não apresentaram relação inversa uniforme entre os campos. O Campo 04 combinou germinação elevada e CE também elevada nas condições armazenadas. No Campo 03, a germinação foi moderada em “Am” e “Fr”, enquanto o Campo 02 apresentou CE elevada e germinação intermediária. Assim, a CE, isoladamente, não permite classificar a qualidade fisiológica dos lotes.

Embora a liberação de eletrólitos possa estar relacionada à permeabilidade das membranas, os resultados não demonstram que o aumento da CE tenha sido causado por danos estruturais ou por processos oxidativos. Espécies reativas de oxigênio, como o H_2O_2, podem participar tanto da sinalização da germinação quanto

de processos oxidativos, mas não foi possível estabelecer uma relação causal entre esses processos e a CE neste estudo (Wojtyla *et al*., 2016). Para Miyagui, a interpretação do teste deve, portanto, considerar conjuntamente os resultados de germinação e as diferenças entre os campos

6.5.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça

Na cultivar Mombaça (Figura 8D), a CE foi maior em “Am” e “Fr” do que em “In”, embora a intensidade desse aumento tenha variado entre os campos. Na condição inicial, o Campo 04 apresentou os menores valores, enquanto os Campos 02 e 03 apresentaram valores superiores.

Após o armazenamento, alguns campos apresentaram valores de CE numericamente menores em “Fr” do que em “Am”, mas essa tendência não foi sólida. Assim, para as condições avaliadas, não se observou um padrão claro que pode afirmar que a refrigeração tenha preservado a integridade das membranas. A CE é utilizada como medida complementar de vigor, mas seus resultados devem ser interpretados à luz das condições do teste e das características das sementes (Matthews; Powell, 2006; Marcos-Filho, 2015; Nadarajan *et al*., 2023; Corbineau, 2024).

A germinação aumentou após o armazenamento nos campos avaliados, sobretudo no Campo 04, que apresentou os maiores valores em “Am” e “Fr”. Nos Campos 01 e 02, também houve aumento da germinação, apesar da elevação da CE. O Campo 03 apresentou germinação intermediária e CE elevada. Esses resultados mostram que a relação entre as variáveis diferiu entre os campos e que a CE, isoladamente, não explica a resposta germinativa. O aumento da germinação pode ser compatível com a superação parcial da dormência, mas não confirma esse processo.

Na comparação entre cultivares, Mombaça apresentou valores de CE pós-armazenamento inferiores aos observados em Massai e Miyagui. Essa comparação é descritiva, pois a CE também pode variar conforme as características das sementes e as condições metodológicas do teste (Matthews; Powell, 2006; Melo *et al*., 2019). Embora processos oxidativos possam estar relacionados a alterações nas membranas, os resultados não permitem atribuir o aumento da CE à ação de espécies

reativas de oxigênio (Corbineau, 2024). Portanto, em Mombaça, a CE deve ser considerada em conjunto com a germinação e as demais variáveis avaliadas

6.6 Proteína bruta (PB)

6.6.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai

Para a cultivar Massai, observou-se tendência de redução do teor de PB durante o armazenamento, seguindo a ordem “In”, “Am” e “Fr”. Entre os campos, o Campo 03 apresentou a maior média, enquanto o Campo 02 apresentou a menor, mostrando variação entre os lotes. Em comparação às demais cultivares, Massai apresentou maior redução relativa de PB, conforme discutido na Tabela 9. Essa redução, por si só, não permite concluir que houve perda proporcional da funcionalidade das proteínas, pois alterações oxidativas podem afetar sua funcionalidade sem necessariamente modificar na mesma proporção o teor total (Bailly, 2004; Sano *et al*., 2016).

6.6.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão

Em MG-12 Paredão, os teores de PB apresentaram baixa variação entre as condições de armazenamento, sugerindo relativa estabilidade ao longo do período avaliado. Entre os campos, o Campo 01 apresentou a maior média, enquanto o Campo 02 apresentou a menor e maior variação, com redução em “Am” e recuperação parcial em “Fr”, conforme mencionado na Tabela 9. De modo geral, os resultados sugerem menor variação composicional durante o armazenamento. Fatores como temperatura, umidade e qualidade inicial do lote podem estar relacionados à deterioração, sem que isso necessariamente resulte em alterações imediatas no teor de PB (Ellis; Roberts, 1980; Marcos-Filho, 2015).

6.6.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui

No Miyagui, o teor de PB apresentou a maior variação entre as cultivares avaliadas. Entre os campos, o Campo 02 apresentou a maior média e o Campo 01, a menor; os Campos 03 e 04 tiveram valores intermediários. As médias entre as

condições de armazenamento foram próximas, com “Fr” ligeiramente superior a “In” e “Am”, indicando relativa estabilidade da PB durante a conservação, conforme discutido na Tabela 9.

De forma descritiva, a variação entre campos foi mais evidente do que entre as condições de armazenamento. Esse padrão pode estar relacionado às diferenças entre os ambientes de produção e à qualidade inicial dos lotes, embora os resultados não permitam isolar a contribuição de cada fator. A importância dessas condições para a conservação das sementes também é discutida na literatura (Ellis; Roberts, 1980; Sano *et al*., 2016).

6.6.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça

Na cultivar Mombaça, os teores de PB apresentaram pouca variação entre as condições de armazenamento. As médias foram próximas, com valor ligeiramente maior em “Am”, seguida por “Fr” e “In”, indicando relativa estabilidade durante a conservação. Entre os campos, o Campo 03 apresentou a maior média e o Campo 02, a menor, mostrando variação entre os lotes, conforme mencionado na Tabela 9.

De forma geral, os teores de PB variaram pouco entre as condições de armazenamento, embora Massai tenha apresentado redução mais perceptível, especialmente em “Fr”. MG-12 Paredão mostrou maior uniformidade entre as condições, Miyagui apresentou variação mais evidente entre campos e Mombaça manteve médias próximas durante o armazenamento.

A relativa estabilidade da PB não significa, necessariamente, que a funcionalidade das proteínas tenha sido mantida. O teor de PB representa a quantidade total de proteína, mas não avalia possíveis alterações em sua estrutura ou atividade. Assim, processos de deterioração podem ocorrer sem mudanças expressivas nesse teor e se manifestar em outras variáveis, como germinação e vigor (Bailly, 2004; Sano *et al*., 2016; Ellis; Roberts, 1980; Marcos-Filho, 2015; Nadarajan *et al*., 2023; Corbineau, 2024).

A determinação de proteína bruta foi realizada uma única vez por amostra, sem repetições, devido à quantidade limitada de sementes disponível. Por isso, os resultados devem ser interpretados de forma descritiva, sem estimativa da variabilidade analítica. Como a funcionalidade das proteínas também não foi avaliada

diretamente, essa relação deve ser apresentada apenas como uma possibilidade discutida na literatura, e não como resultado observado neste estudo.

6.7 Análise Multivariada

6.7.1 *Megathyrsus maximus* cv. Massai

Em análise de qualidade das sementes e variáveis climáticas (Figura 10A), a condutividade elétrica (CE) apresentou associação positiva com a temperatura média e a radiação solar. A germinação apresentou associações negativas com radiação solar global, precipitação e altitude. A CE e o H_2O_2 também se associaram a variáveis climáticas. Essas relações descrevem padrões observados entre os campos, mas não demonstram que o clima tenha causado alterações nas membranas ou no estado oxidativo das sementes. A interpretação pode ser feita em conjunto com os resultados de germinação (Figura 7) e com as informações de clima e manejo (Tabelas 1 a 3), considerando também os processos fisiológicos discutidos na literatura (Hasanuzzaman *et al*., 2020; Wojtyla *et al*., 2016).

Na análise de qualidade e manejo, a germinação apresentou associação com o potássio (k), o IVG com o nitrogênio (N) e o teste de tetrazólio (TZ) com a calagem (Cal). Essas relações indicam covariação entre as variáveis nos campos avaliados, sem demonstrar efeito causal isolado das práticas de manejo sobre a qualidade das sementes (Figura 10B; Tabelas 1 a 3).

Na PCA (Figura 11), o Campo 03 ficou próximo às variáveis germinação, IVG e viabilidade. Os Campos 01 e 02 apareceram associados a variáveis ambientais distintas. Essas posições descrevem a relação entre campos e variáveis no espaço multivariado representado, a interpretação deve ser comparada aos resultados individuais da Tabela 10 e da Figura 7. De modo geral, correlações e PCA ajudam a caracterizar associações entre qualidade, ambiente e manejo, mas não identificam, isoladamente, a contribuição causal de cada fator (Marcos-Filho, 2015; Hopkinson; English, 2005)

6.7.2 *Megathyrsus maximus* cv. MG12-Paredão

Na análise de qualidade e clima (Figura 12A), a germinação apresentou correlação negativa com radiação solar global (Rso), precipitação e altitude (Alt). Assim, nos campos avaliados, valores mais elevados dessas variáveis estiveram associados a menor germinação (Figura 3 e Tabela 1). As condições climáticas durante a formação e a maturação podem ser discutidas como contexto para essas relações, mas os resultados não permitem afirmar que tenham causado as diferenças observadas. A literatura aborda possíveis relações entre precipitação próxima à maturação e qualidade das sementes (Cruz *et al*., 2020), assim como entre radiação e processos oxidativos (Hasanuzzaman *et al*., 2020).

A CE apresentou correlação positiva com temperatura média, radiação solar e altitude. O H_2O_2 também se associou positivamente a variáveis climáticas e à CE. Essas correlações representam covariação entre os dados, não pode confirmar, que maior lixiviação de solutos, dano às membranas ou predominância de processos oxidativos. Como o H_2O_2 pode participar tanto da sinalização metabólica quanto de processos associados ao estresse, sua interpretação deve considerar o conjunto de variáveis e as características dos lotes (Bailly, 2004; Wojtyla *et al*., 2016).

Na análise de qualidade e manejo (Figura 12B), a germinação apresentou associação com o potássio, o IVG com o nitrogênio e o TZ com a calagem (Tabelas 2 e 3). A PB também se associou ao uso de inseticida. Essa última relação deve ser interpretada de forma descritiva, pois a PB foi determinada uma única vez por amostra, sem repetições, devido à quantidade limitada de sementes. Portanto, não permite concluir que o inseticida tenha alterado diretamente a composição proteica. As demais associações também não demonstram efeitos causais isolados das práticas de manejo, em literatura, a resposta nutricional depende da interação entre fatores de produção (Catuchi *et al*., 2013).

Na análise integrada das correlações (Figura 13), o Campo 04 ficou próximo às variáveis germinação (Ger), IVG e viabilidade (TZ), em concordância com os resultados individuais apresentados na Figura 7 e na Tabela 10. As variáveis CE, H_2O_2 e clima também apareceram associadas na ordenação, indicando padrões de covariação entre campos. Essas posições complementam a análise individual, mas não bastam para classificar os campos como favoráveis ou desfavoráveis nem para atribuir os resultados a um único fator

6.7.3 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui

Na análise de qualidade e clima (Figura 14A), germinação e IVG apresentaram correlação positiva com a temperatura média (Tmed). Também foram observadas relações com radiação solar global, precipitação e altitude (Figuras 4 e 7; Tabelas 1 e 6). As associações indicam que essas variáveis acompanharam parte da variação entre os campos, mas não permitem concluir que a temperatura tenha favorecido diretamente o enchimento ou a maturação das sementes. A influência das condições ambientais sobre a produção e a qualidade das sementes pode ser considerada na discussão, conforme abordado por Cruz *et al*. (2020) e Marcos-Filho (2015).

O TZ apresentou correlação positiva com altitude, em campos avaliados, portanto, maiores altitudes estiveram associadas a maiores valores de viabilidade estimada por esse teste. Como a altitude pode acompanhar diferenças de temperatura e disponibilidade hídrica, não é possível separar a contribuição de cada fator apenas com essa correlação (Tabela 1).

Na análise de qualidade e manejo (Figura 14B), germinação e IVG apresentaram correlações positivas com calagem, nitrogênio, fósforo e potássio. O teor de água também se associou ao nitrogênio e ao fósforo (Figura 7, Tabelas 2 e 3). Essas relações indicam uma variação conjunta entre campos, mas não demonstram que as práticas de manejo tenham causado diretamente as respostas observadas. A disponibilidade de nutrientes pode estar relacionada ao desenvolvimento da planta-mãe e à formação das sementes, embora essa relação dependa de outros fatores ambientais e de manejo (Catuchi *et al*., 2013).

Na PCA (Figura 15), germinação, IVG e viabilidade apareceram associados à temperatura média e a variáveis de manejo nutricional. Essa configuração representa o padrão de variação conjunta observado para Miyagui, não permite determinar a contribuição individual de cada variável. Em conjunto, as análises podem apontar entre qualidade fisiológica, ambiente e manejo, sem estabelecer causalidade

6.7.4 *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça

Na análise de qualidade e clima (Figura 16A), a massa de cem sementes apresentou correlação positiva com a radiação solar global e negativa com a

temperatura média. A PB apresentou correlação positiva com a precipitação e negativa com a altitude (Tabela 1 e Tabela 7, Figura 5). Essas associações descrevem padrões entre campos e não permitem determinar a contribuição isolada de cada variável. A relação envolvendo PB deve ser considerada de forma descritiva, pois essa análise foi realizada uma única vez por amostra, sem repetições, devido à quantidade limitada de sementes.

Na análise de qualidade e manejo (Figura 16B), germinação e IVG apresentaram correlações positivas com variáveis de manejo, com destaque para o nitrogênio (N). O teor de água (TA) também se associou positivamente ao nitrogênio, o H_2O_2 apresentou correlação negativa com essa variável. Embora a literatura discuta relações entre nutrição, desenvolvimento vegetal e mecanismos antioxidantes, os resultados não permitem concluir que o nitrogênio tenha reduzido diretamente o estresse oxidativo (Marcos-Filho, 2015; Wojtyla *et al*., 2016; Hasanuzzaman *et al*., 2020).

O TZ apresentou correlação positiva com a calagem (Cal) e negativa com o fósforo (P). Essas relações não demonstram que a calagem tenha aumentado a viabilidade ou que o fósforo a tenha reduzido, pois outros fatores também variaram entre os campos. A massa de cem sementes apresentou correlação positiva com o uso de inseticida, mas essa associação não comprova efeito direto do produto sobre a massa, podendo refletir diferenças no conjunto de práticas adotadas (Figura 6; Tabela 1).

Na análise integrada das correlações e da PCA (Figura 17), germinação, IVG, teor de água e nutrientes (N, P e K) ficaram orientados no mesmo sentido do primeiro componente principal, indicando comportamento semelhante entre os campos no espaço multivariado. CE e H_2O_2 ficaram em sentido oposto à germinação e ao IVG, configurando associação inversa entre essas variáveis no conjunto analisado. Esse padrão não permite concluir que CE ou H_2O_2 tenham causado menor vigor ou maior estresse oxidativo (Wojtyla *et al*., 2016; Hasanuzzaman *et al*., 2020).

O Campo 04 ficou associado às variáveis de desempenho fisiológico, enquanto os Campos 01 e 03 se posicionaram próximos à CE e ao H_2O_2. Essa distribuição descreve os padrões representados na PCA para Mombaça, mas não identifica uma variável específica como causa das diferenças. A interpretação deve considerar também os resultados individuais de germinação, IVG, viabilidade e demais características avaliadas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade fisiológica das sementes de *Megathyrsus maximus* estudada, variou entre cultivares e campos de produção, a resposta ao armazenamento também dependeu das características de cada lote. Não foi observado um padrão único em alguns lotes, o armazenamento foi acompanhado por maior germinação, em outros, ao frio esteve associada à melhor preservação da viabilidade. O aumento da germinação pode ser compatível com mudanças na dormência durante o armazenamento, embora esse processo não tenha sido avaliado diretamente neste estudo.

As diferenças entre campos ajudam a ilustrar essa variação. Na cultivar Massai, os Campos 02 e 03 apresentaram melhor desempenho germinativo após o armazenamento. Na MG-12 Paredão e na Mombaça, destaca-se o Campo 04, enquanto, em Miyagui, esse campo também apresentou melhor germinação nas condições armazenadas. Esses exemplos mostram que a resposta à conservação depende da origem do lote. Esse padrão corrobora os estudos que relacionam as condições climáticas e o ambiente de produção à qualidade de sementes de *Megathyrsus maximus* (Cruz *et al*., 2020).

As análises de correlação e de componentes principais contribuíram para interpretar essa variabilidade ao mostrar que as associações entre qualidade fisiológica, clima e manejo não foram iguais para todas as cultivares. Em alguns casos, variáveis de germinação e vigor se agruparam com fatores climáticos ou nutricionais e em outros, condutividade elétrica e H_2O_2 se associaram a diferentes condições dos campos. Esses resultados indicam uma variação conjunta, mas não permitem atribuir efeito causal a uma variável isolada. Assim, as relações observadas devem ser compreendidas no contexto da interação entre ambiente de produção, manejo e condição inicial dos lotes.

A condutividade elétrica mostrou-se útil para identificar alterações associadas ao armazenamento, mas sua interpretação em conjunto com a germinação é necessária. Em alguns lotes, a CE aumentou após o armazenamento mesmo quando a germinação também aumentou. Portanto, esse teste refletiu alterações na permeabilidade das membranas, mas não explicou sozinho o desempenho germinativo. A interpretação integrada dos testes foi especialmente importante para reconhecer que

indicadores distintos podem responder de maneira diferente às condições de conservação.

A dependência da resposta em relação à qualidade inicial do lote também é compatível com a literatura sobre longevidade de sementes, que relaciona a conservação à condição do material antes do armazenamento e às condições de temperatura e teor de água durante esse período (Ellis; Roberts, 1980). De maneira combinada, os resultados reforçam a importância de considerar a formação das sementes no campo e as condições posteriores de armazenamento.

De modo geral, a principal contribuição do estudo foi integrar avaliações fisiológicas, bioquímicas, edafoclimáticas e de manejo às análises multivariadas. Essa abordagem permitiu caracterizar diferenças entre cultivares e campos e ressaltou que decisões de produção e conservação devem considerar as particularidades de cada lote.

.

8 CONCLUSÃO

A qualidade fisiológica das sementes de *Megathyrsus maximus* variou entre os ambientes de produção. As condições de armazenamento também modificaram a expressão dessa qualidade. Na safra avaliada, as análises multivariadas indicaram padrões de associação entre atributos fisiológicos, variáveis ambientais e práticas de manejo. Essas associações não permitem inferir causalidade e devem ser interpretadas no contexto das condições estudadas.

REFERÊNCIAS

ABEL, S.; BOELT, B. Precipitation during anthesis reduces seed set in perennial ryegrass. ***Grass and Forage Science***, v. 73, p. 239–246, 2018. DOI: 10.1111/gfs.12308.

AGOSTINI, R. T. *et al*. Ethanol and hormones in physiological conditioning on germination and seed dormancy of *Urochloa humidicola* cv. Llanero. **Journal of Seed Science, Londrina**, v. 44, e202244022, 2022. DOI: 10.1590/2317-1545v44261411. Disponível em: https://www.scielo.br/j/jss/a/tYwQqR3w6yQbqkF44fzXqmN/?lang=en. Acesso em: 20 maio 2026.

ALVARES, Clayton Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo Cesar; GONÇALVES, José Leonardo de Moraes; SPAROVEK, Gerd. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.

ALEXIEVA, V.; SERGIEV, I.; MAPELLI, S.; KARANOV, E. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell & Environment**, [S.l.], v. 24, n. 12, p. 1337–1344, dez. 2001. DOI: https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2001.00778.x. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-3040.2001.00778.x. Acesso em: 1 maio 2024.

ANAND, A. *et al*. Hydrogen peroxide signaling integrates with phytohormones during the germination of magnetoprimed tomato seeds. **Scientific Reports**, London, v. 9, e8814, 2019. DOI: 10.1038/s41598-019-45102-5. Disponível em: https://www.nature.com/articles/s41598-019-45102-5. Acesso em: 18 mar. 2026.

ASSAD, E. D. *et al*. **Análise climatológica para a produção de sementes de forrageiras tropicais**. Editora técnica: Jaqueline Rosemeire Verzignassi. Brasília, DF: Embrapa, 2026. 83 p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE SEMENTES DE PASTAGENS (ANPROSEM). **Miyagui.** [*S. l.*]: ANPROSEM, 2025.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC International**. 16. ed. Arlington: AOAC, 1995.

BAILLY, C. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. **Seed Science Research, Wallingford**, v. 14, n. 2, p. 93-107, 2004. DOI: 10.1079/SSR2004159. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/journals/seed-science-research/article/abs/active-oxygen-species-and-antioxidants-in-seed-biology/5B6F78DF50B59FAEC17E35D968E546E5. Acesso em: 18 mar. 2026.

BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, v. 14, n. 1, p. 1–16, 2004. DOI: 10.1079/SSR2003150.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF)**: painel de indicadores. Brasília, DF: MAPA, 2025b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2025a.

CABRERA, D. C. *et al*. Effect of environmental factors on the germination of *Megathyrsus maximus*: an invasive weed in sugarcane in Argentina. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 38, n.1, p. e020216688, 2020. DOI: 10.1590/S0100-83582020380100054. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pd/a/qFLcJjyMPCWsxjf5mFYY46r/?format=html&lang=en. Acesso em: 08 mai. 2026.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

CATUCHI, T. A. *et al*. Nitrogen management of forage grasses for nutrition, seed production, and nutrients in residual straw. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 54, e00114, 2019. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00114. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/yhmWvh7BD8kdvq7cfSVxhbx/?lang=en. Acesso em: 11 mai. 2026.

CATUCHI, T. A. *et al*. Produção e qualidade de sementes de *Urochloa humidicola* em razão da adubação nitrogenada e potássica. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 9, n. 2, p. 30-42, 2013. Disponível em: https://journal.unoeste.br/index.php/ca/article/view/962. Acesso em: 21 mai. 2026.

CHAKRABORTI, S. *et al*. Bio-priming of seeds: plant stress management and its underlying cellular, biochemical and molecular mechanisms. **Plant Stress**, v. 3, e100052, 2022. DOI: 10.1016/j.stress.2021.100052. Disponível em: https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022PlStr...300052C/abstract. Acesso em: 11 mai. 2026.

CHAMORRO, L. L. *et al*. Flowering periods, seed yield components, seed quality and patterns of seed shattering in *Paspalum*: effect of taxonomy and nitrogen fertilization. **Plants**, v. 13, n. 17, p. 2411, 2024. DOI: 10.3390/plants13172411. Disponível em: https://www.mdpi.com/2223-7747/13/17/2411. Acesso em: 15 mai. 2026.

CHASTAIN, T. G. Seed production in grasses. *In*: BARNES, R. F.; NELSON, C. J.; COLLINS, M.; MOORE, K. J. (ed.). **Forages: the science of grassland agriculture**. 6. ed. Ames: Wiley-Blackwell, 2013. p. 229-241.

CHILUWAL, A. *et al*. Soybean seed weight responds to assimilate supply. **Journal of Crop Improvement***,* v. 36, n. 2, p. 222–238, 2022. DOI: 10.1080/15427528.2021.1943732. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15427528.2021.1943732. Acesso em: 14 mar. 2026.

CHU, C.; POORE, R. C.; BOLTON, M. D.; FUGATE, K. K. (2022). *Mechanism of Sugarbeet Seed Germination Enhanced by Hydrogen Peroxide*. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, artigo 888519. DOI: 10.3389/fpls.2022.888519.

COLETE, J. C. F. *et al*. Condutividade elétrica da solução de embebição de sementes e emergência de plântulas de soja. **Científica**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 10-16, 2007. Disponível em: https://cientifica.dracena.unesp.br/index.php/cientifica/article/download/163/98/333. Acesso em: 23 mar. 2026.

CORBINEAU, F. The effects of storage conditions on seed deterioration and ageing: how to improve seed longevity. **Seeds, Basel**, v. 3, n. 1, p. 56-75, 2024. DOI: 10.3390/seeds3010005. Disponível em: https://www.mdpi.com/2674-1024/3/1/5. Acesso em: 4 jun. 2026.

CRUZ, J. O.; MARTINS, C. C.; JEROMINI, T. S.; SILVA, G. Z. Production fields and physiological quality of *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombasa seeds. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 6, p. 2050–2059, 2020.

CUSTÓDIO, C. C. Testes rápidos para avaliação do vigor de sementes: uma revisão. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 1, n. 1, p. 29-41, 2005. Disponível em: https://journal.unoeste.br/index.php/ca/article/view/86. Acesso em: 16 mai. 2026.
DELOUCHE, J. C. Environmental effects on seed development and seed quality. HortScience, Alexandria, v. 15, p. 13-18, 1980.

DESWAL, D. P.; CHAND, U. Standardization of the tetrazolium test for viability estimation in ricebean (*Vigna umbellata*). **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 25, p. 409-417, 1997.

DIAS, M. C. L. L.; ALVES, S. J. Avaliação da viabilidade de sementes de *Panicum maximum* Jacq. pelo teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 152–158, 2008.

ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H. Improved equations for the prediction of seed longevity. **Annals of Botany**, London, v. 45, n. 1, p. 13-30, 1980. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/42756667. Acesso em: 10 mar. 2026.
EMBRAPA GADO DE CORTE. Capim-massai (*Panicum maximum* cv. Massai): alternativa para diversificação de pastagens. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001.

EMBRAPA. **Produção de sementes de *Panicum maximum***. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FAO. **Genebank standards for plant genetic resources for food and agriculture**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014.

FERNANDES, C. D.; MARCHI, C. E.; JERBA, V. F.; BORGES, M. F. Patógenos associados às sementes de forrageiras tropicais e estratégias de controle. *In:* ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Sementes: qualidade fitossanitária**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. p. 183–213.

FESSEL, S. A.; VIEIRA, R. D.; CRUZ, M. C. P. da; PAULA, R. C. de; PANOBIANCO, M. Teste de condutividade elétrica em sementes de milho armazenadas sob diferentes temperaturas e períodos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 10, p. 1551–1559, out. 2006.

FINCH-SAVAGE, W. E.; FOOTITT, S. Seed dormancy cycling and the regulation of dormancy mechanisms to time germination in variable field environments. **Journal of Experimental Botany,** v. 68, n. 4, p. 843–856, 2017. DOI: 10.1093/jxb/erw477.

FINCH-SAVAGE, W. E.; LEUBNER-METZGER, G. Seed dormancy and the control of germination. New Phytologist, **Oxford**, v. 171, n. 3, p. 501-523, 2006. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2006.

HARE, M. D.; TATSAPONG, P.; SAIPRASET, K. Seed production of two brachiaria hybrid cultivars in north-east Thailand: harvesting method. **Tropical Grasslands**, v. 41, p. 43-49, 2007

HARTY, R. L.; HOPKINSON, J. M.; ENGLISH, B. H.; ALDER, J. Germination, dormancy and longevity in stored seed of *Panicum maximum*. **Seed Science and Technology**, v. 11, p. 341–351, 1983.

HASANUZZAMAN, M. *et al*. Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress. **Antioxidants**, Basel, v. 9, n. 8, e681, 2020. DOI: 10.3390/antiox9080681. Disponível em: https://www.mdpi.com/2076-3921/9/8/681. Acesso em: 5 jun. 2026.

HAY, F. R.; REZAEI, S.; BUITINK, J. Seed moisture isotherms, sorption models, and longevity. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, e891913, 2022. DOI: 10.3389/fpls.2022.891913. Disponível em: https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2022.891913/full. Acesso em: 14 maio. 2026.

HERLING, V. R.; BRAGA, G. J.; LUZ, P. H. C.; OTANI, L. Tobiatã, Tanzânia e Mombaça. *In:* PEIXOTO, A. M.; PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (ed.). **Simpósio sobre Manejo da Pastagem: a planta forrageira no sistema de produção**, 17., 2000, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2000. p. 21–64.

HOPKINSON, J. M.; ENGLISH, B. H. Influence of storage conditions on survival and sowing value of seed of tropical pasture grasses. 2. Sowing value and storage strategies. **Tropical Grasslands**, [S.l.], v. 39, n. 3, p. 140-151, 2005. Disponível em: https://era.dpi.qld.gov.au/id/eprint/11050/. Acesso em: 14 maio. 2026.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). **Handbook on tetrazolium testing**. 3. ed. Wallisellen: ISTA, 2025.

JANK, L. *et al*. C**atálogo de caracterização e avaliação de germoplasma de *Panicum maximum***: descrição morfológica e comportamento agronômico. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 1997.

JANK, L. *et al*. Melhoramento genético de *Panicum maximum*. *In*: RESENDE, R. M. S.; VALLE, C. B. do; JANK, L. (ed.). **Melhoramento de forrageiras tropicais**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2008. p. 55-87.

JANK, L. *et al*. *Panicum maximum*. *In*: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (ed.). **Plantas forrageiras.** Viçosa: UFV, 2010. p. 166-196.

JANK, L. **Melhoramento genético de gramíneas tropicais**. Embrapa Gado de Corte - Documentos, Campo Grande, v. 152, p. 1-45, 1995.

JESUS, A. A. *et al*. Assessing DNA sequence variation in *Urochloa maximus*: an exploratory survey for use in breeding programs. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, [S.l.], v. 24, n. 4, e46102447, 2024.

KRISTÓ, I.; VÁLYI-NAGY, M.; RÁCZ, A.; IRMES, K.; SZENTPÉTERI, L.; JOLÁNKAI, M.; KOVÁCS, G. P.; FODOR, M. Á.; UJJ, A.; VALENTINYI, K. V.; TAR, M. Effects of nutrient supply and seed size on germination parameters and yield in the next crop year of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). **Agriculture**, v. 13, n. 2, art. 419, 2023. DOI: 10.3390/agriculture13020419. Disponível em: https://www.mdpi.com/2077-0472/13/2/419. Acesso em: 23 ago. 2026.

KRZYZANOWSKI, F. C. *et al*. **Teste de condutividade elétrica para avaliar o vigor da semente de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2023. (Circular Técnica, 199).

MACHADO, C. G. *et al*. Harvesting methods on physical and physiological quality of *Panicum maximum* seeds. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 4, p. 309-313, 2019.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015.

MARTINS, C. C.; SILVA, W. R. Superação da dormência de sementes de capim-colonião. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 77-84, 1998.

MATSUDA. **MG12 Paredão** - ***Panicum maximum***: alta produtividade e resistência. São Paulo: Matsuda, 2018.

MATTHEWS, S.; POWELL, A. A. Electrical conductivity vigour test: physiological basis and use. **Seed Testing International**, [S.l.], n. 131, p. 32-35. 2006. Disponível em: https://www.seedtest.org/api/rm/94H55RHTJ8G68P4/sti13144-48.pdf. Acesso em: 11 mar. 2026.

MELO, L. F. *et al*. Beneficiamento na qualidade física e fisiológica de sementes de capim-mombaça. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 667-674, 2016.

MELO, P. A. F. R *et al*. Development of methodology to test the electrical conductivity of Marandú grass seeds. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 50, n. 1, p. 107-113, 2019.

NADARAJAN, J. *et al*. Seed longevity: the evolution of knowledge and a conceptual framework. **Plants**, v. 12, n. 3, e471, 2023. DOI: doi.org/10.3390/plants12030471. Disponível em: https://www.mdpi.com/2223-7747/12/3/471. Acesso em: 12 mar. 2026.

NASA. **NASA POWER: data access viewer**. [S.l.], [s.d.]. Disponível em: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/. Acesso em: 10 ago. 2025.
ÖNDER, S. Seed filling. *In:* **IntechOpen**, 2022.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Science**s, [S.l.], v. 11, n. 1, p. 1633-1644, 2007.

PIÑA-RODRIGUES, F. C.; FIGLIOLIA, M. B.; PEIXOTO, M. C. Teste de qualidade. *In*: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (org.). **Germinação:** do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 283-297.

PIRREDDA, M.; FAÑANÁS-PUEYO, I.; OÑATE-SÁNCHEZ, L.; MIRA, S. Seed longevity and ageing: a review on physiological and genetic factors with an emphasis on hormonal regulation. **Plants**, v. 13, n. 1, art. 41, 2024.

POWELL, A. A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **Journal of Seed Technology**, v. 10, n. 2, p. 81–100, 1986.

RANGANATHAN, U.; GROOT, S. P. C. Seed longevity and deterioration. *In*: DADLANI, M.; YADAVA, D. K. (ed.). **Seed science and technology: biology, production, quality**. Singapore: Springer, 2023. p. 91-108.

REGRAS PARA ANÁLISE DE SEMENTES. MAPA. RAS-2025, 2025. Disponível em: https://wikisda.agricultura.gov.br.

REZAEI, S.; BUITINK, J.; HAY, F. R. Contrasting seed moisture sorption behaviour between two species and the implication for seed longevity. **Seed Science Research**, [S.l.], v. 33, n. 1, p. 126-134, 2023.

RODRIGUES, M. H. B. S. *et al*. Hydrogen peroxide as a mitigation of salt stress on the germination of *Myracrodruon urundeuva* seeds. **Scientia Forestalis**, [S.l.], v. 49, n. 130, e3557, 2021.

ROSALVO, T. M. et al. Avaliação das características morfológicas, bromatológicas e estruturais do capim *Panicum maximum* cv. Myagui submetido a dois tipos de adubações foliares. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research,** v. 8, n. 1, 2025. DOI: 10.34188/bjaerv8n1-030.

SANO, N. *et al*. Staying alive: molecular aspects of seed longevity. **Plant and Cell Physiology**, [S.l.], v. 57, n. 4, p. 660-674, 2016.

SAVIDAN, Y. H. *et al*. Chromosome doubling and reproductive behavior of apomictic *Panicum maximum* Jacq. **Euphytica**, [S.l.], v. 40, n. 2, p. 225-232, 1989.

SEHGAL, A. *et al*. Drought or/and heat-stress effects on seed filling in food crops: impacts on functional biochemistry, seed yields, and nutritional quality. Frontiers in **Plant Science**, [S.l.], v. 9, e1705, 2018. DOI: 10.3389/fpls.2018.01705.
SOUZA, E. M. de; ISEPON, O. J.; ALVES, J. B.; BASTOS, J. F. P.; LIMA, R. C. Efeitos da irrigação e adubação nitrogenada sobre a massa de forragem de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 4, p. 1146–1155, 2005.

SONG, K. E. *et al*. Hydrogen peroxide ameliorates the adversities of drought stress during germination and seedling growth in sorghum (*Sorghum bicolor* L.). **Agronomy**, [S.l.], v. 13, n. 2, e330, 2023. DOI: 10.3390/agronomy13020330. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4395/13/2/330. Acesso em: 13 maio. 2026.

TORRES, F. E.; OLIVEIRA, E. P.; TEODORO, P. E.; SILVEIRA, M. V.; RIBEIRO, L. P.; SILVEIRA, L. P. O. Produção de forragem de cultivares de *Panicum maximum* submetidas a diferentes estações de cultivo e tipos de sementes. **Revista de Ciências Agrária*s***, v. 36, n. 4, p. 435–440, 2013. DOI: 10.19084/rca.16329.

VIVIAN, R.; SILVA, A. A.; GIMENES JR., M.; FAGAN, E. B.; RUIZ, S. T.; LABONIA, V. Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência: breve revisão. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 695–706, 2008. DOI: 10.1590/S0100-83582008000300026.

WOJTYLA, Ł.; LECHOWSKA, K.; KUBALA, S.; GARNCZARSKA, M. Different modes of hydrogen peroxide action during seed germination. **Frontiers in Plant Scienc*e***, v. 7, art. 66, 2016. DOI: 10.3389/fpls.2016.00066. Disponível em: Frontiers in Plant Science – Wojtyla *et al*. (2016). Acesso em: 23 jun. 2026.

WONGSUWAN, N. **Seed production studies in ruzi grass *(Brachiaria ruziziensis Germain and Everard)***. 1994. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Massey University, Palmerston North, Nova Zelândia, 1994.

XING, W.; LI, Y.; ZHOU, L.; HONG, H.; LIU, Y.; LUO, S.; ZOU, J.; ZHAO, Y.; YANG, Y.; XU, Z.; TAN, B. Deciphering Seed Deterioration: Molecular Insights and Priming Strategies for Revitalizing Aged Seeds. **Plants**, v. 14, n. 11, 1730, 2025. DOI: 10.3390/plants14111730.

APÊNDICE A - FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES - PRODUÇÃO DE SEMENTES

1. Identificação do Campo
- Nome da Fazenda:
- Localização (Coordenadas):
- Área Total (ha):
- Município:

2. Dados Climáticos
- Prec. Acumulada (do plantio à colheita) (mm):
- Temp. Média (°C):
- Distribuição da precipitação:

3. Dados de Plantio/Vedação
- Data de Plantio / Vedação:
- Cultivar/Variedade Utilizada:
- Densidade de Plantio (sementes/ha):
- Densidade de plantas adultas (pl/m^2)
- Data de Florescimento:
- Data da Colheita:

4. Calagem ( ) SIM ( ) NÃO
- Data da Aplicação:
- Tipo de calcário utilizado:
- Dosagem utilizada:
- Dose única ou fracionada? Se fracionada, como?:

5. Adubação ( ) SIM ( ) NÃO
- Data da Aplicação:
- Tipo de adubo utilizado:
- Dosagem utilizada:
- Dose única ou fracionada? Se fracionada, como?:

6. Manejo Defensivo
- Inseticidas ( ) SIM ( ) NÃO
- Produto:
- Dose Aplicada:
- Data da Aplicação:
- Fungicidas ( ) SIM ( ) NÃO
- Produto:
- Dose Aplicada:
- Data da Aplicação:
- Controle Biológico ( ) SIM ( ) NÃO
- Agentes Biológicos Utilizados:
- Método de Aplicação:
- Data da Aplicação:

7. Manejo de Plantas Daninhas ( ) SIM ( ) NÃO
- Produto:
- Dose Aplicada:
- Data da Aplicação:
- Métodos Mecânicos Utilizados:

8. Dados de Irrigação (se aplicável)
- Tipo de Sistema de Irrigação:
- Frequência de Irrigação:
- Volume de Água Aplicada (mm):

9. Dessecação pré-colheita ( ) SIM ( ) NÃO
- Produto:
- Dose:
- Data da aplicação:

10. Observações Gerais
- Condições Fitossanitárias:
- Problemas Encontrados Durante o Ciclo (pragas, doenças, etc.):
- Observações sobre o Desenvolvimento da Cultura:
- Outros Insumos Utilizados:

- Comentários Adicionais / Análise de Solo: