



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

MATEUS FERREIRA ANDRADE

**AVALIAÇÃO DE HÍBRIDOS DE MILHO SOB DIFERENTES MANEJOS DE
ADUBAÇÃO E ÉPOCAS DE SEMEADURA NO AMBIENTE DO SEMIÁRIDO:
PRODUÇÃO DE GRÃOS E FORRAGEM**

Serra Talhada - PE

2025

MATEUS FERREIRA ANDRADE

**AVALIAÇÃO DE HÍBRIDOS DE MILHO SOB DIFERENTES MANEJOS DE
ADUBAÇÃO E ÉPOCAS DE SEMEADURA NO AMBIENTE DO SEMIÁRIDO:
PRODUÇÃO DE GRÃOS E FORRAGEM**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Unidade Acadêmica
de Serra Talhada, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Produção Vegetal,
para obtenção do título de Mestre
em Produção Vegetal.

Orientador: Luiz Guilherme
Medeiros Pessoa

Co-orientador: José Geraldo
Eugênio de França

Serra Talhada - PE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Auxiliadora Cunha – CRB-4 1134

A554a Andrade, Mateus Ferreira.

Avaliação de híbridos de milho sob diferentes manejos de adubação e épocas de semeadura no ambiente do semiárido: produção de grãos e forragem / Mateus Ferreira Andrade. – Serra Talhada, 2025.

82 f.

Orientador(a): Luiz Guilherme Medeiros Pessoa.

Co-orientador(a): José Geral Eugênio de França.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica Serra Talhada - UAST, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal , Serra Talhada, BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Biomassa. 2. Solos - Sustentabilidade. 3. Solos. 4. Solos - Manejo 5. *Zea mays*. I. Pessoa, Luiz Guilherme Medeiros, orient. II. França, José Geral Eugênio de, coorient. III. Título

CDD 581.15

MATEUS FERREIRA ANDRADE

**AVALIAÇÃO DE HÍBRIDOS DE MILHO SOB DIFERENTES MANEJOS DE
ADUBAÇÃO E ÉPOCAS DE SEMEADURA NO AMBIENTE DO SEMIÁRIDO:
PRODUÇÃO DE GRÃOS E FORRAGEM**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Unidade Acadêmica de
Serra Talhada, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Produção Vegetal, para
obtenção do título de Mestre em
Produção Vegetal.

APROVADO em 21 /02 /2025.

Banca examinadora

Prof. Dr. Luiz Guilherme Medeiros Pessoa (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva (Examinador Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dr. José Nildo Tabosa (Examinador Externo)
Instituto Agrônômico de Pernambuco

*Aos meus pais **Roberto Ferreira Andrade e Maria das Mercês Andrade** por
todo incentivo, educação, ensinamentos dados e, por não medirem esforços para
que isso se concretizasse;
Aos meus irmãos pela amizade e presença constante em minha vida.*

Dedico esta conquista

AGRADECIMENTOS

Sou grato a Deus e a Nossa Senhora Aparecida pela luz da vida, por me manter de pé e ajudar-me a superar todos os obstáculos, pois sem eles nada é possível.

Agradeço aos meus pais, Roberto Ferreira Andrade e Maria das Mercês Andrade pelos ensinamentos, pela confiança e todo apoio durante minha vida.

Aos meus irmãos, Fernando, Tiago, José Alberto, Marta, Lidia, Ligía, Luiz e Leonesia pela amizade, parceria, conselhos e por toda a contribuição para minha formação.

Aos professores e orientadores Dr. José Geraldo Eugênio de França e Dr. Luiz Guilherme Medeiros Pessoa pela amizade, orientação, confiança e ensinamentos.

Aos professores Dr. Josimar Bento Simplício pela amizade, orientação, confiança, conselhos e ensinamentos.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco UFRPE / Unidade Acadêmica de Serra Talhada- UAST pela formação acadêmica e pessoal durante a pós-graduação.

A todos os professores da pós-graduação, pelos ensinamentos e contribuições na minha formação pessoal e profissional.

Ao Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA, pela disponibilidade do espaço, apoio imprescindível na condução dos experimentos e em particular o Dr. Erick Carvalho e a Dra. Maria Cristina Lemos, chefes dos Laboratórios de bromatologia e solos, respectivamente.

A todos os colaboradores da UFRPE-UAST e do IPA, em Serra Talhada, pela disponibilidade e suporte em todos os momentos da condução dos experimentos.

Às empresas Corteva Agriscience e Agrocerec que gentilmente cederam as sementes de seus híbridos mais recentes para avaliação neste projeto de dissertação

Deus não manda nenhum sofrimento, sem pagá-lo imediatamente com algum favor
(Madre Teresa de Calcutá)

Considere como amargas as coisas doces desta vida e como doce as amargas;
assim terá sempre paz
(Padre Luiz da Ponte)

RESUMO GERAL

A crescente demanda alimentar impulsiona a necessidade de incrementos na produção agrícola, especialmente do milho, cultura fundamental na dieta global. Para isso, é essencial explorar a diversidade genética disponível, adotar manejos de adubação adequados e tecnologias como o plantio direto, que melhore as características do solo, torne o agroecossistema mais resiliente às adversidades climáticas e possibilite a produção em ambiente semiárido. Contudo, ainda são poucos os estudos que investigam a resposta de diferentes híbridos ao manejo de adubação e épocas de plantio na produção de grãos e forragem em sistema de plantio direto, e seus impactos nos atributos físicos e químicos do solo nas condições edafoclimáticas do semiárido. Com isso, o presente trabalho conta com a realização de dois experimentos em anos subsequentes (2023 e 2024) realizados na estação experimental do IPA em Serra Talhada, PE. O experimento 1, objetivou-se avaliar o rendimento de grãos e composição bromatológica de híbridos de milho, bem como os atributos físicos e químicos do solo em função dos diferentes manejos de adubação, em sistema de plantio direto em ambiente semiárido. No experimento 2, objetivou-se analisar a produção de grãos e forragem de diferentes híbridos de milho cultivados em consórcio com capim corrente, em função de diferentes doses de nitrogênio e épocas de semeadura em um sistema de plantio direto no semiárido pernambucano. O primeiro experimento foi implantado em delineamento inteiramente casualizados, em 12 de janeiro de 2023 com um arranjo fatorial 3x4, sendo, três híbridos de milho (B2433PWU; B2782PWU e B2620PWU) e quatro manejos de adubação (SEM- sem adubação; SOF- só adubação de fundação; AFCNP- adubação de fundação e cobertura no plantio e AFCV4- adubação de fundação e cobertura em estádio V4). O segundo experimento foi implantado em delineamento de blocos ao acaso em esquema de parcela subsubdividida, com 4 repetições, sendo a parcela principal quatro épocas de plantio (1- 04/03/2024; 2-11/03/2024; 3-18/03/2024 e 4-25/03/2024) e nas subparcelas os híbridos de milho (BM 815 PRO3; BM 930 PRO 3; SHS 7939 PRO3; SHS 8525PRO3; B2856 VYHR; B2612 PWU e B2433 PWU). e as subsubparcelas constituídas por três doses de nitrogênio (1-0; 2-50 e 3- 100 kg ha⁻¹). Os parâmetros agronômicos das plantas de milho, produção e a qualidade nutricional da forragem (milho + capim) foram avaliados, além das características físicas e químicas do solo. No experimento 1, foi concluído que: o híbrido B2433PWU associado ao manejo de adubação de fundação e cobertura em estádio V4 (FCV4) apresentou melhor desempenho agronômico; a depender do híbrido de milho utilizado, pode-se reduzir a adubação sem redução significativa na produtividade de grãos; a produção de massa seca do milho e do capim - corrente apresentou resposta positiva ao manejo de adubação em ambiente semiárido, e que as características químicas e físicas do solo melhoram de forma específica a curto prazo, em função dos diferentes manejos de adubação em sistema de plantio direto. No experimento 2, foi concluído que: a semeadura realizada no dia 11/03/2024, segunda época, favoreceu a produtividade de grãos dos híbridos de milho; as doses de nitrogênio acarretaram ganhos na produtividade de grãos e na produção de matéria seca total (milho + capim – corrente) independente da época de semeadura, e que as épocas de semeadura não influenciaram significativamente na produção de matéria seca total (milho + capim – corrente).

Palavras-chave: biomassa, sustentabilidade, solo, manejo cultural, *Zea mays*.

GENERAL ABSTRACT

The growing food demand drives the need for increases in agricultural production, especially of corn, a fundamental crop in the global diet. To this end, it is essential to explore the available genetic diversity, adopt appropriate fertilization management and technologies such as direct planting, which improve soil characteristics, make the agroecosystem more resilient to climatic adversities and enable production in a semiarid environment. However, there are still few studies investigating the response of different hybrids to fertilization management and planting times in grain and forage production in a no-tillage system, and their impacts on the physical and chemical attributes of the soil in the edaphoclimatic conditions of the semiarid region. Therefore, the present work involves carrying out two experiments in subsequent years (2023 and 2024) at the IPA experimental station in Serra Talhada, PE. Experiment 1 aimed to evaluate the grain yield and chemical composition of corn hybrids, as well as the physical and chemical attributes of the soil according to different fertilization managements, in a no-tillage system in a semiarid environment. Experiment 2 aimed to analyze the grain and forage production of different corn hybrids grown in consortium with common grass, according to different nitrogen doses and sowing times in a no-tillage system in the semiarid region of Pernambuco. The first experiment was implemented in a completely randomized design, on January 12, 2023, with a 3x4 factorial arrangement, with three corn hybrids (B2433PWU; B2782PWU and B2620PWU) and four fertilization managements (SEM - without fertilization; SOF - only foundation fertilization; AFCNP - foundation fertilization and coverage at planting and AFCV4 - foundation fertilization and coverage at stage V4). The second experiment was implemented in a randomized block design in a split-plot scheme, with 4 replications, the main plot having four planting times (1- 04/03/2024; 2-11/03/2024; 3- 18/03/2024 and 4-25/03/2024) and the subplots containing corn hybrids (BM 815 PRO3; BM 930 PRO 3; SHS 7939 PRO3; SHS 8525PRO3; B2856 VYHR; B2612 PWU and B2433 PWU). and the subsubplots consisting of three nitrogen doses (1-0; 2-50 and 3- 100 kg ha⁻¹). The agronomic parameters of corn plants, production and nutritional quality of forage (corn + grass) were evaluated, in addition to the physical and chemical characteristics of the soil. In experiment 1, it was concluded that: the B2433PWU hybrid associated with foundation and cover fertilization management at stage V4 (FCV4) presented better agronomic performance; depending on the corn hybrid used, fertilization can be reduced without a significant reduction in grain yield; the dry mass production of corn and grass showed a positive response to fertilization management in a semiarid environment, and that the chemical and physical characteristics of the soil improve specifically in the short term, depending on the different fertilization managements in a no-tillage system. In experiment 2, it was concluded that: sowing carried out on 03/11/2024, the second season, favored the grain yield of corn hybrids; nitrogen doses led to gains in grain productivity and total dry matter production (corn + grass – current) regardless of the sowing date, and that the sowing dates did not significantly influence total dry matter production (corn + grass – current).

Key words: biomass, sustainability, soil, cultural management, *Zea mays*.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Valores médios diários de Chuva (mm); Umidade Relativa (UR, %); Temperatura máxima (T_{máx}, °C); Temperatura mínima (T_{min}, °C) e Temperatura média (T_{med}, °C), durante o período experimental.....37

Figura 2. Gráficos do componente principal 1 versus componente principal 2, com base nas características agronômicas e bromatológicas do milho, do capim-corrente e das características químicas e físicas do solo. O gráfico de carga (a) refere-se ao autovetor de cada variável. O gráfico de pontuação (b) refere-se às médias, agrupadas por híbrido e adubação. Para todos os nomes completos das variáveis, consultar a seção Métodos.....48

CAPÍTULO 2

Figura 1. Condições meteorológicas no município de Serra Talhada-PE no período de realização do experimento. (Prec) Precipitação (mm dia⁻¹); (Temp máx) Temperatura máxima (°C), (Temp méd) Temperatura média (°C); (Temp min) Temperatura mínima (°C) e (UR) umidade relativa do ar.....64

Figura 2. Gráficos do componente principal 1 versus componente principal 2, com base nas características agronômicas e bromatológicas do milho, do capim-corrente. O gráfico de carga (a) refere-se ao autovetor de cada variável. O gráfico de pontuação (b) refere-se às médias, agrupadas por híbrido, doses de N e épocas de semeadura, sendo 1-1-1 = híbridos - doses de N - épocas. Para todos os nomes completos das variáveis, consultar a seção Métodos.....74

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Características químicas do solo utilizado no experimento, nas camadas 0-20 e de 20-40 cm.....38

Tabela 2. Valores médios dos componentes agronômicos e bromatológicos do capim – corrente, dos híbridos de milho e características químicas do solo em função do fator híbrido. Serra Talhada, PE. 2023.....40

Tabela 3. Valores médios dos componentes de rendimento de grãos, produção de matéria seca do capim – corrente e do milho em função dos diferentes híbridos de milho. Serra Talhada, PE. 2024.....43

Tabela 4. Valores médios dos componentes agronômicos e bromatológicos do capim – corrente e dos híbridos de milho e características físicas e químicas do solo em função da interação dos fatores híbrido x adubação. Serra Talhada, PE. 2023.....45

Tabela 5. Valores médios dos componentes bromatológicos do capim – corrente e características físicas e químicas do solo em função da interação dos fatores híbrido x adubação. Serra Talhada, PE. 2023.....47

CAPÍTULO 2.

Tabela 1. Características químicas do solo utilizado no experimento, nas camadas 0-20 e de 20-40 cm.....64

Tabela 2. Valores médios dos componentes agronômicos do milho, produção de matéria seca e componentes bromatológicos do capim – corrente e do milho em função de diferentes doses de nitrogênio. Serra Talhada, PE. 2024.....68

Tabela 3. Valores médios dos componentes de rendimento de grãos, produção de matéria seca do capim – corrente e do milho em função dos diferentes híbridos de milho. Serra Talhada, PE. 2024.....69

Tabela 4. Valores médios dos componentes agronômicos do milho, produção de matéria seca e componentes bromatológicos do capim – corrente e do milho em função das diferentes épocas de semeadura. Serra Talhada, PE. 2024.....70

Tabela 5. Valores médios de produção de matéria seca e componentes bromatológicos do capim – corrente em função da interação dos híbridos e das doses de nitrogênio. Serra Talhada, PE. 2024.71

Sumário

1	Introdução Geral	16
2	Revisão bibliográfica.....	18
2.1.	Milho (<i>Zea mays</i> L.)	18
2.2	Cultivares de milho	20
2.3.	Cultivo de milho em sistema de plantio direto	22
2.4.	Manejo de adubação em sistema de plantio direto	24
2.5.	Época de semeio da cultura do milho	27
3	Referência	28
Capítulo 1 - Consórcio milho x capim-corrente: produção de diferentes híbridos e qualidade da forragem sob diferentes manejos da adubação em sistema de plantio direto.....		
37		
1.	Introdução.....	39
2.	Métodos.....	40
2.1	Local do estudo	40
2.2.	Delineamento experimental	41
2.3.	Procedimentos de condução experimental	41
2.4.	Coleta de dados.....	42
2.4.1.	Dados agronômicos do milho.....	42
2.4.2.	Produção e características bromatológicas da forragem	42
2.4.3.	Caracterização física e química do solo	43
2.5.	Tratamentos dos dados e análise estatística	43
3.	Resultados	44
3.1	Efeito isolado dos híbridos nas variáveis estudadas	44
3.2	Efeito isolado das adubações nas variáveis estudadas	45
3.3	Efeito da interação híbrido x adubação nas variáveis estudadas	48
3.4	Inter-relações entre as variáveis estudadas	52
4.	Discussão	53
4.1.	Dados Agronômicos do milho	53
4.2.	Produção e características bromatológicas da forragem	54
4.3.	Características físicas do solo	55
4.4.	Características químicas do solo	56
4.5.	Inter-relações entre as variáveis estudadas	57
5.	Conclusões	58

6. Referências	58
CAPÍTULO 2- Híbridos de milho sob épocas de semeadura e doses de nitrogênio em sistema de plantio direto no semiárido brasileiro	65
1 Introdução	67
2 Métodos	68
2.1 Área do estudo	68
2.2 Designe e tratamentos experimentais	70
2.3 Procedimentos experimental	71
2.4 Coleta de dados	71
2.4.1. Dados agronômicos do milho	71
2.4.2. Produção e características bromatológicas da forragem	71
2.5 Tratamento dos dados e análise estatística	72
3.Resultados	72
3.1 Efeito isolado das doses de nitrogênio nas variáveis estudadas	72
3.2 Efeito isolado dos híbridos nas variáveis estudadas	74
3.3 Efeito isolado das épocas de semeadura nas variáveis estudadas	74
3.4 Efeito da interação Híbridos * Doses de nitrogênio nas variáveis estudadas	75
3.5 Inter-relações entre as variáveis estudadas	77
4 Discussão	78
4.1 Dados agronômicos	78
4.2 Produção e características bromatológicas da forragem	80
4.3 Inter-relações entre as variáveis estudadas	83
5 Conclusões	83
6 Referência	84

1 Introdução Geral

O milho (*Zea mays* L.) é amplamente cultivado e apresenta relevante importância socioeconômica, devido sua utilização na alimentação humana e animal, bem como em diversas atividades industriais, o que o torna uma das principais commodities do agronegócio brasileiro, com patamar de maior cultura agrícola do globo (Contini *et al.*, 2019; Dabija *et al.*, 2021; Azad *et al.*, 2022). A FAO aponta uma necessidade de aumentar a produção agrícola em 70% entre os anos de 2010 e 2050 (Gazzoni, 2017). Para isso, é necessário aumentar a eficiência do uso das terras e de tecnologias de forma que atenda à crescente demanda global por milho (Momesso *et al.*, 2022).

Desta forma, o cultivo de milho tem recebido inúmeras tecnologias modernas nos últimos anos, dentre estas, destaca-se o sistema plantio direto que representa uma área cultivada de mais de 33 milhões de hectares no Brasil (FEBRAPDP – Federação Brasil do Sistema Plantio Direto, 2022). Este sistema, combinado com a rotação de culturas, traz diversos benefícios para o solo: reduz a erosão, melhora suas propriedades físicas, químicas e biológicas, além de mitigar os efeitos das emissões de gases que intensificam o efeito estufa (GEEs), contribuir para o aumento da biodiversidade e assim com o ciclo hidrológico (Motter & Almeida, 2015).

No entanto, apesar das vantagens evidentes do sistema de plantio direto, o aumento no uso de máquinas agrícolas cada vez mais pesadas tem levado à degradação da estrutura física do solo, especialmente na camada superficial (Ferreira *et al.*, 2021; Vizioli *et al.*, 2021). A quantidade de palha deixada por uma única cultura no sistema de plantio direto muitas vezes não é suficiente para cobrir adequadamente o solo ao longo do ano, expondo-o a várias pressões exercidas pelas máquinas (Ferreira *et al.*, 2021; Pariz *et al.*, 2016).

Como resposta a esse desafio, o uso de gramíneas forrageiras em consórcio com milho segunda safra tem sido adotado no sistema de plantio direto (Silva *et al.*, 2021). Diversos estudos têm documentado os efeitos positivos desse consórcio, incluindo os trabalhos de Brandão & Silva, (2012); Calonego & Rosolem, (2010) ; Cagna *et al.*, (2019), Favilla *et al.* (2021); Cavalieri-Polizeli *et al.* (2022); e Nascimento Júnior *et al.* (2023).

Avaliando o rendimento de diferentes materiais genéticos de milho em diversos ambientes no estado de Pernambuco, Brito *et al.* (2005), observaram que os híbridos produziram em até 30% a mais, quando comparados ao rendimento médio das variedades crioulas. Em contrapartida, Araújo *et al.* (2013) testaram variedades crioulas e cultivares híbridas comerciais em diferentes níveis tecnológicos de cultivo no norte do estado de Minas Gerais, e neste estudo observaram que as variedades crioulas foram capazes de responder positivamente à aplicação de tecnologia no manejo da cultura tanto quanto os híbridos. O que implica dizer que além das características genéticas, o rendimento do milho também ocorre em função da fonte de fertilizante, da quantidade e do manejo operacional (Resende *et al.*, 2012).

A adubação antecipada na semeadura do milho pode oferecer um maior rendimento operacional, em função do manejo de adubação proporciona grandes vantagens ao produtor, como maior flexibilidade no período de execução da adubação, maior rendimento das máquinas, maior facilidade de distribuição a lanço, economia de tempo e de mão de obra, menor custo com maquinário e redução no gasto de combustível, lubrificante e reparos (Peron *et al.*, 2019).

Comparando diferentes formas de adubação, Nunes (2014) não encontrou diferença significativa; nem na forma de adubação, como também na época e no custo, tanto energético quanto econômico, independente do preparo de solo em relação à adubação de semeadura. O mesmo autor observou que em sistema de plantio direto, onde a adubação é feita a lanço e de forma antecipada, gerou um menor custo de operações, quando comparado aos sistemas de cultivo mínimo e convencional, ou a quaisquer que utilize a semeadora/adubadora para plantio e adubação.

Além desses, outro fator que compromete a produtividade do milho é a época de semeadura, de acordo com o Zoneamento agrícola de risco climático (ZARC) as datas de semeadura para o município de Serra Talhada, PE com cultivares do grupo I (ciclo menores que 130 dias) para solos do tipo 2 (textura média), podem ser de dia 20 a 30 de janeiro com risco climático de 30% (Ministério da Agricultura e Pecuária-MAPA, 2023). Contudo, nos últimos anos o mês de janeiro tem apresentado a ocorrência de veranicos capazes de comprometer a atividade agrícola, em função disso, surge a necessidade de estudos que visem verificar o melhor intervalo de

plantio para a cultura do milho nas condições edafoclimáticas do semiárido pernambucano.

Neste contexto, a hipótese desse estudo é que a produção de grãos e forragem de híbridos de milho cultivados em consórcio com capim - corrente, respondem de forma diferente a manejos de adubação e épocas de semeadura em um sistema de plantio direto nas condições edafoclimáticas do semiárido pernambucano. Desta forma, objetivou-se avaliar a produção de grãos e forragem de diferentes híbridos de milho semeados em consórcio com capim corrente sob manejos de adubação e épocas de semeadura em um sistema de plantio direto no semiárido pernambucano.

2 Revisão bibliográfica

2.1. Milho (*Zea mays* L.)

Pertencente à família Poaceae, o milho é originário da América Central e cultivado em praticamente todas as regiões do mundo, estando presente em climas úmidos e secos (Endrigo, 2015). Essa cultura tem papel de destaque como o cereal mais cultivado em todo o território nacional cuja produtividade vem indicando aumentos, em razão, principalmente, de melhores práticas nos sistemas de manejo (Rangel, 2022).

Está presente na alimentação humana e animal, é utilizado como ingrediente para fabricação de óleo, farinha, amido, margarina, xarope de glicose e flocos para cereais matinais, ou outros (Paula, 2017). Seus grãos têm alta demanda na região nordeste, pois, segundo Pereira Filho *et al.* (2010), o milho é uma das principais fontes de energia para muitas pessoas que habitam o Semiárido (Santos *et al.*, 2018).

A cultura tem grande importância no agronegócio brasileiro, pois só para a produção de grãos no Brasil a safra 2024/25 está estimada em 322,5 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 8,3% comparada a safra 2023/24. No caso da área plantada, é esperado um decréscimo de 5,2%, essa redução ocorreu devido à baixa cotação do cereal no mercado (CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, 2024) e a FAO aponta uma necessidade de aumentar a produção agrícola em 70% entre os anos de 2010 e 2050 (Gazzoni, 2017).

Com essa crescente demanda por alimento, surge para os produtores o desafio de aumentar a produtividade da cultura de forma sustentável para que se possa suprir

a demanda mundial (Saath e Fachinello, 2018). Visto que o milho é uma das principais commodities do agronegócio brasileiro, especialmente no fornecimento de alimento para os setores de avicultura e suinocultura, que estão entre os mais competitivos do mundo. Por volta de dois terços do milho brasileiro vão para a avicultura (43,7%) e para a suinocultura (25%) (Barros, 2014; Beck, 2020).

Segundo Barros (2014) a introdução de novos híbridos e variedades melhores adaptados às nossas condições edafoclimáticas, bem como práticas culturais mais adequadas têm conduzido para um aumento significativo da produtividade da cultura, conferindo ao Brasil, colocação entre os melhores em nível mundial, no que tange aos indicadores de rendimento.

Para que possa expressar seu potencial produtivo, a cultura do milho requer que suas exigências nutricionais sejam plenamente atendidas, em virtude da grande extração de nutrientes do solo (Amaral Filho *et al.*, 2005). Cabe destacar que o fornecimento de nutrientes em doses mais elevadas pode diminuir a queda de produtividade do milho em função dos estresses bióticos e abióticos sofridos pela planta (Guimarães *et al.*, 2008).

O manejo de adubação da cultura do milho é feito com base no poder aquisitivo do produtor, ou seja, produtores com maior poder aquisitivo e que possuem lavouras de alto nível tecnológico, utilizam elevadas doses de adubo em base e em cobertura. Ao passo que, produtores com nível médio tecnológico, semeiam híbridos de baixo investimento e aplicam menores doses de adubação em base e em cobertura (Padilha, 2014).

Produtores que usam materiais genéticos de baixa tecnologia, aplicam baixas quantidades de fertilizante em base e em cobertura, mas em doses suficientes para a cultura completar seu ciclo e com rendimento razoável, porém em doses bem abaixo daquelas recomendadas para um híbrido de alta tecnologia (Gomes *et al.*, 2006).

De acordo com Sousa *et al.* (2010) os nutrientes mais exigidos pelo milho são o nitrogênio e o potássio, vindo em seguida o fósforo, o cálcio e o magnésio. Com calagem e adubação aplicadas corretamente, é possível elevar a produtividade da cultura (Šimić *et al.*, (2010).

Quanto à ocorrência de pragas, a cultura do milho é atacada por diversas, desde as que atacam as folhas, que são mais fáceis de serem visualizadas, até as

que atacam as espigas, os colmos, o pendão, além das subterrâneas, que são de difícil diagnose e facilmente confundidas com deficiências nutricionais, déficit hídrico, baixa qualidade das sementes ou mesmo por doenças (Ribeiro *et al.*, 2016).

2.2 Cultivares de milho

O semiárido brasileiro segue alguns critérios de delimitação, tais como precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm (Sudene, 2017), esta, no entanto, é distribuída de forma irregular no espaço e no tempo. Segundo Galon *et al.* (2010) a necessidade hídrica para a cultura do milho é atendida com aporte hídrico de 400 a 600 mm e até 900 mm em áreas com baixa UR, bem distribuído ao longo de seu desenvolvimento.

Com isso, a sua produção na região semiárida ainda é baixa, devido ao grau tecnológico usado na produção e genótipos inadequados a região, atrelado ao baixo índice pluviométrico, visto que a seca afeta desde o estágio de plântulas até a maturidade fisiológica, influenciando negativamente no rendimento da cultura (Santos *et al.*, 2010).

Para plena expressão do máximo desempenho agrônômico da cultura, é preciso atentar para os efeitos da temperatura, o milho requer uma faixa de temperatura de 24 a 30 °C, fora desta, o crescimento e desenvolvimento da planta podem ser comprometidos, repercutindo negativamente no seu rendimento (Borges *et al.*, 2014).

Sabe-se que o impacto dos fatores abióticos, singularmente os meteorológicos, nos agroecossistemas, agrícolas são considerados elementos causadores de alguma limitação na produção, sendo o fator abiótico, déficit hídrico, considerado como o maior limitante na produção do milho (Galon. *et al.*, 2010). Para Guimarães *et al.* (2008) a manifestação do potencial de rendimento de grãos das culturas depende de fatores genéticos e de condições favoráveis de ambiente. Contudo, vários estudos, especialmente no âmbito do melhoramento genético, vêm sendo desenvolvidos, no intuito de amenizar os efeitos desses fatores na produtividade do milho.

A depender do híbrido de milho cultivado têm-se respostas diferenciadas aos agentes abióticos, os programas de melhoramento de milho buscam genótipos com características de maior adaptação, ou seja, com menor suscetibilidade a fatores

adversos (Galon. *et al.*, 2010). Para elevar o índice de produção de milho na região do Alto Sertão é necessário ter conhecimento sobre as características agronômicas dos genótipos indicados para essa condição edafoclimática (Artuzo *et al.*, 2019). Os genótipos HTC795 e HIV 473451, avaliados por Carvalho (2019), que estão em processo de melhoramento, destacaram-se positivamente, quanto ao potencial produtivo para o alto sertão sergipano.

Ao testarem 36 variedades de milho, para produção no ambiente semiárido, Silveira *et al.* (2021) concluíram que os híbridos intervarietais, representados por genótipos experimentais, apresentaram o maior potencial forrageiro nas condições de semiárido sergipano, sendo indicados para serem inseridos em programas de melhoramento voltado a forragicultura na região. Todavia, os autores ressaltam que os híbridos simples e triplos não são indicados para agricultores de baixa e média tecnologia, ao passo que os híbridos duplos, topcross e variedades, por apresentarem alta variabilidade genética, são os mais indicados para produtores que possuem baixa e média tecnologia de produção.

Devido ao constante aumento da comercialização de cultivares híbridas, as sementes tradicionais, antes perpetuadas por gerações, tendenciam a perder-se diante do cenário produtivo, tornando crescente a demanda por sementes híbridas e transgênicas. Diante disso, Araújo Júnior *et al.* (2013) testaram a desenvoltura de 5 variedades de milho crioulas e uma híbrida comercial, a fim de obter respostas quanto à expressão de seus respectivos potenciais produtivos em produção orgânica, no estado do Rio Grande do Norte. Ambas apresentaram resultados semelhantes aos valores observados na cultivar híbrida para as características de crescimento e de produção de grãos, com exceção para massa de 100 grãos, característica essa em que o híbrido apresentou os menores valores.

Em outro estudo, Teixeira e Vasconcellos, (2020) ao testarem a variabilidade de 10 acessos do BAG Milho originários de coletas na região do Semiárido brasileiro, constataram que o acesso AL 015 se destaca quanto aos parâmetros biométricos da espiga, ao passo que os acessos PB 006, PB 007 e SE 025 apresentam elevados teores de pesos de espiga e de grãos por espigas. Todavia, os autores ressaltam que o acesso RN 007 se sobressai por apresentar grãos grandes por causa do alto peso de 1.000 sementes.

Diversos pesquisadores, associados às Universidades e institutos de pesquisa, têm contribuído positivamente com o aporte científico para o Nordeste brasileiro. O Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), desenvolveu pesquisas na área de melhoramento vegetal para o milho, no intuito de produzir variedades adaptadas às condições do Nordeste brasileiro, destacando-se, o milho Jatinã C3 (Souza *et al.*, 2022). Carvalho *et al.* (2000) submeteram a variedade de milho BR 5028 - São Francisco a diversos ciclos de seleção entre e dentro de progenies de meios-irmãos no Nordeste brasileiro, constatando que a mesma pode ser amplamente recomendada para as condições testadas. Na condução de experimentos semelhantes, Carvalho *et al.* (2018) ao avaliarem três ciclos de seleção entre e dentro de progênies de meios-irmãos na variedade de milho BR 5033 Asa Branca, no Nordeste brasileiro, no período de 1998 a 2000 indicam que a mesma pode ser amplamente recomendada para às condições do Nordeste brasileiro.

Em outro estudo realizado por Carvalho *et al.* (2002) para avaliação de 22 cultivares de milho em 45 ambientes do nordeste brasileiro, a fim de identificar as que melhor adaptam-se às condições supracitadas. Os autores apontam que as variedades Sertanejo, São Vicente, São Francisco, Asa Branca e BR 106, de altos rendimentos médios e com tendências de adaptação aos ambientes desfavoráveis, são indicados para os sistemas de produção dos pequenos e médios produtores rurais.

Diante da demanda dos produtores por materiais genéticos resistentes às principais pragas, doenças e ao déficit hídrico, várias empresas têm dado enfoque em produzir híbridos com boa adaptação às condições climáticas e com bom desempenho produtivo em condições de semiárido brasileiro.

2.3. Cultivo de milho em sistema de plantio direto

A agricultura passou por dois momentos impactantes, o primeiro oriundo da revolução verde (green revolution) e o segundo foi a migração do sistema de plantio convencional para o sistema de plantio direto (SPD) (Silveira *et al.*, 2020). O sistema de plantio convencional leva à exaustão do solo, com uso de uma única cultura sucessivamente, reposição inadequada de nutrientes e revolvimento exacerbado do solo. Nesse sentido, o SPD tem intuito de excluir as práticas de revolvimento do solo

(gradagem, aração, subsolagem e escarificação, principalmente), permitindo o acúmulo de material vegetal na superfície, sobre o qual será semeada ou plantada a cultura seguinte (Bertin *et al.*, 2005).

O material vegetal presente na superfície do solo aumenta a resistência das culturas e do solo a condições climáticas adversas, como seca, eventos de chuvas intensas que causam erosão e ervas daninhas problemáticas (Koudahe *et al.*, 2022). Assim, a palha e a rotação de culturas têm sido referidas como a base de sua sustentação, todavia, ainda são muitas as dúvidas e indagações sobre o manejo da palha e o sistema de rotação a ser empregado (Leal *et al.*, 2005; Pitelli *et al.*, 2001). O plantio direto não deve ser visto como uma receita universal, mas como um sistema que exige adaptações locais (Bertin *et al.*, 2005).

O sistema de plantio direto traz inúmeros benefícios, como, a cobertura morta de superfície, que não existia no plantio convencional e além de incrementar a prática da rotação com culturas de inverno e uso de herbicidas no manejo, impacta na redução das populações de plantas daninhas (Pitelli *et al.*, 2001). Outro ponto crucial é a sua responsividade com relação a compactação do solo, que quando elevada impacta no aumento da resistência mecânica ao crescimento radicular, redução da aeração e da disponibilidade de água e nutrientes, e, conseqüentemente, decréscimo na produtividade agrícola (Goedert e Schermack, 2002). Segundo os autores, um terreno coberto por palha, e sem revolvimento da camada superficial do solo, caso do SPD, deverá minimizar a formação de camadas compactadas no mesmo.

No Distrito Federal, Goedert e Schermack (2002), ao avaliarem por 7 anos, a rotação com soja e milho, em glebas de 250 ha, ao qual era introduzido milheto para a palhada de cobertura do solo, verificaram que não foi observada compactação do solo na área experimental ou em gleba de lavoura, cultivada pelo sistema de plantio direto após um longo período.

Em Dourados-MS Ohland *et al.* (2005), avaliaram os efeitos de diferentes culturas de cobertura sobre os atributos da cultura de milho cultivado subsequentemente, e constataram que a ervilhaca peluda é mais efetiva do que o nabo forrageiro quanto aos parâmetros biométricos avaliados, bem como na produção de matéria seca da parte aérea, peso de mil grãos e teor de nitrogênio nos grãos do milho.

Oliveira *et al.* (2012) ao avaliarem os fatores relacionados à suscetibilidade da erosão em entres sulcos sob condições de uso e manejo do solo, verificaram em suas condições de cultivo que ocorreu um aumento dos teores de carbono orgânico nas camadas superficiais em um Neossolo sob sistemas com mobilização reduzida.

Outro ponto crucial, referente ao solo, influenciado pelo SPD, no que diz respeito aos seus parâmetros físicos, é a infiltração, processo pelo qual a água penetra no perfil do solo, o sistema de plantio direto, quando comparado ao plantio convencional com o uso de grade aradora e niveladora, apresenta valores de taxa de infiltração final de água no solo superior ao preparo convencional (Sobrinho *et al.*, 2003).

2.4. Manejo de adubação em sistema de plantio direto

O uso de plantas de cobertura no sistema de plantio direto propicia o aumento da fertilidade do solo pela ciclagem de nutrientes, pelo aumento do teor da matéria orgânica e pela melhoria nas propriedades físicas e biológicas do solo (Correia e Durigan, 2008). Segundo os mesmos autores, depois de formada a cobertura morta, durante o processo de decomposição dos resíduos, os nutrientes acumulados são liberados para o solo, contribuindo diretamente para a melhoria de seus atributos químicos e biológicos.

O cultivo de leguminosas antecedendo o milho aumenta a disponibilidade de N no solo, a absorção de N pela planta e o rendimento de grãos, sendo o sistema de manejo da leguminosa importante para a melhoria dos componentes de produção da cultura (Ohland *et al.*, 2005). O cultivo do milho, em sucessão à crotalária, proporcionou maior produtividade de grãos, quantidade de N na planta proveniente do fertilizante, absorção e recuperação do N em relação ao pousio e ao milheto (Silva *et al.*, 2006). Essas constatações podem ser afirmadas por Andrioli *et al.* (2008), quando dizem que no cultivo de milho, em SPD, a utilização de crotalária como planta de cobertura, proporcionou maior produtividade em relação ao milheto e *lab lab* em pré-safra.

O milho é uma cultura altamente responsiva a fertilizantes nitrogenados, apresentando incrementos em várias características que influenciam a produção final (Ohland *et al.*, 2005). Assim, Andrioli *et al.* (2008), ressaltam que a utilização de

plantas de cobertura de solo em pré-safra são uma alternativa ao fornecimento de nitrogênio (N) ao milho. Os mesmos autores, enfatizaram que plantas de cobertura, especialmente leguminosas, semeadas nas primeiras chuvas (setembro), em pré-safra, são mais eficientes no fornecimento de N às plantas em sucessão, quando comparadas àquelas semeadas no outono.

O manejo da adubação nitrogenada em sistema de plantio direto é feito de duas formas, na pré-semeadura, com a aplicação da dose total de N, que permite a redução dos custos com a otimização no uso de máquinas quando comparada a aplicação de nitrogênio em cobertura em duas etapas (Kaneko *et al.*, 2010). E também feita de forma parcelada, o parcelamento tendo como premissa aumentar a produtividade da cultura e a redução das perdas por lixiviação ou volatilização, haja vista o baixo aproveitamento do nitrogênio pelas plantas, devido sua mobilidade e capacidade de volatilização e lixiviação (Cantarella *et al.*, 2008).

Geralmente, a adubação nitrogenada no milho é dividida em duas aplicações, uma na semeadura e outra quando a planta apresenta de quatro a oito folhas expandidas. No Sul do Brasil, a adubação deve ser feita de acordo com a quantidade de matéria orgânica do solo, pois cerca de 98% do nitrogênio está associado à matéria orgânica do solo e a expectativa de rendimento (Bortolini *et al.*, 2000; Costa *et al.*, 2006).

O potássio é o segundo nutriente mais absorvido pelas plantas de forma geral (Lange *et al.*, 2019). No milho, a adubação potássica gera aumento no peso de grãos por espiga, e melhorias nos processos bioquímicos e fotossintéticos, além da respiração (Silva e Kikuti, 2009). Em outro estudo Lange *et al.* (2019) avaliaram doses de potássio no milho safrinha, a ser seguido pelas culturas de milho e soja no Mato Grosso, observaram que elevadas doses de K podem gerar aumento do teor do nutriente no solo, o suficiente para dispensar a adubação nas culturas subsequentes. Esses resultados podem ser confirmados por Santos *et al.* (2021) que ao trabalharem com a antecipação de crescentes doses de potássio encontraram incrementos relevantes de produtividade com elevados teores de K aplicados antecipadamente ao plantio na cultura do milho.

Por outro lado, a falta de potássio acarreta graves danos a cultura do milho, afetando negativamente a ativação enzimática, tornando a planta mais susceptível ao

ataque de fungos, além de afetar a abertura e fechamento dos estômatos, o que reduz as trocas gasosas, fotossíntese e controle hídrico da planta. (Dias *et al.*, 2022).

O fósforo, terceiro nutriente mais absorvido pela cultura do milho (Lange *et al.*, 2019), foi estudado por Oliveira *et al.* (2021) onde os autores avaliaram diferentes populações de plantas de milho e doses de fósforo, neste estudo o nutriente gerou melhorias na altura de inserção de espiga e no diâmetro do colmo nas densidade de 80 e 60 mil plantas.

Em outros estudos também foi observado aumento na altura da planta, na produção de matéria seca e no índice de colheita do milho em função da adubação fosfatada e potássica (Nunes *et al.*, 2020; Adnan, 2020).

Brito *et al.* (2019) avaliaram quatro níveis de saturação por bases do solo (25, 45, 60 e 75%) e duas modalidades de cultivo milho + consorciado e milho em monocultura, durante dois anos após a correção de solo, e observaram que não houve interferência na produtividade do milho, sendo as saturações por bases próximas à 50% no monocultivo e 65% no cultivo de milho + marandu as que apresentaram maiores produtividades do milho. Em outro estudo Silva *et al.* (2021) avaliaram a qualidade física de um solo arenoso em ambiente semiárido sob sistema de integração lavoura-pecuária e verificaram que a adoção de sistema integrado promoveu melhorias nos atributos físicos do solo e que os tratamentos com capim Massai, *Urochloa decumbens* e *Urochloa decumbes* + milho, proporcionaram melhorias aos atributos físicos do solo.

Em seus estudos, Beutler *et al.* (2024) também verificaram melhorias no agroecossistemas ao avaliarem as propriedades físicas do solo e os níveis de palha de azevém na produtividade da soja em plantio direto e em plantio direto com integração lavoura pecuária, pois, nas condições do estudo o sistema de plantio direto combinado com a integração lavoura-pecuária foi mais eficiente na melhoria da qualidade física do solo do que o uso exclusivo sob plantio direto. Ainda de acordo com os autores a utilização do sistema de integração lavoura-pecuária em área sob plantio direto por mais de uma vez melhora o armazenamento e a disponibilidade de água para as culturas.

Além de práticas conservacionistas é importante procurarmos reduzir a emissão de gases do efeito estufa, pois de acordo com Wri Brasil (2019) a produção

agropecuária brasileira é muito suscetível às mudanças climáticas, como também as emissões de gases do efeito estufa. E ainda segundo o autor a agropecuária do país é responsável por emitir cerca de 30% do total das emissões e 7% das emissões globais. Com o intuito de reverter essa situação foi criado o Plano ABC (Agricultura de Baixa emissão de Carbono), tendo como objetivo principal a transformação do setor num exemplo de atividade produtiva com reduzida emissão de carbono (Rangel *et al.*, 2020).

Desta forma, uma alternativa de minimizar a adubação é através da implementação de SPD para gerar melhorias nos atributos químicos do solo, especialmente no teor de matéria orgânica, no pH e na saturação por alumínio (Al), e em relação à distribuição deles no perfil de solo (Freire *et al.*, 2001). Valores de pH, teor de matéria orgânica, de Ca e de Mg trocáveis, saturação por bases, soma de bases e CTC efetiva, são encontrados em maiores proporções nos primeiros 5 cm de solo, quando comparado às demais profundidades (Correia e Durigan, 2008).

Assim torna-se evidente que a utilização do sistema de plantio direto é uma prática crucial para a produção agrícola no semiárido brasileiro, haja vista, a cobertura do solo gerar melhorias no agroecossistema, como a diminuição da evaporação e da temperatura do solo, proporcionando às culturas maior tolerância aos veranicos (Plaza-Bonilla *et al.*, 2015).

2.5. Época de semeio da cultura do milho

O ambiente semiárido é caracterizado pela sazonalidade dos fatores climáticos que tornam a produção agrícola uma atividade de risco, no Brasil a região Nordeste apresenta uma grande variabilidade interanual, principalmente no regime pluviométrico, com alguns anos extremamente secos, e outros extremamente chuvosos, com as chuvas anuais variando entre 200 e 800 mm e climas litorâneo úmido, tropical e tropical semiárido (Costa *et al.*, 2020).

Nesta região a cultura do milho é produzida majoritariamente em sistema de sequeiro, e geralmente por pequenos produtores, desta forma, a produção é extremamente dependente de bons índices pluviométricos com boa distribuição durante o período de safra, para alcançar rendimentos satisfatórios (Cartaxo *et al.*, 2019).

Diante do exposto o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), define anualmente o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) com o intuito de dar suporte aos produtores na tomada de decisão, pois, a ferramenta é capaz de indicar o nível de risco de natureza climática para cada época de plantio em determinado local, tendo como base, dados de temperatura, ciclo e fases fenológicas, capacidade de água disponível no solo, estimativa de duração do ciclo das culturas, chuvas na colheita e o tipo de solo para cada localidade (Amaral *et al.*, 2023).

As datas de semeadura para o município de Serra Talhada, PE com cultivares do grupo I (ciclo menores que 130 dias) para solos do tipo 2 (textura média), podem ser de dia 20 a 30 de janeiro com risco climático de 30% (Ministério da Agricultura e Pecuária- MAPA, 2023). Contudo, nos últimos anos o mês de janeiro tem apresentado a ocorrência de veranicos capazes de comprometer a atividade agrícola, em função disso, surge a necessidade de estudos que visem verificar o melhor intervalo de plantio para a cultura do milho nas condições edafoclimáticas do semiárido pernambucano.

3 Referência

Álvaro Vilela de Resende, Antonio Marcos Coelho, Flávia Cristina dos Santos, & Julian Junio de Jesus Lacerda. (2012). Fertilidade do solo e manejo da adubação NPK para alta produtividade de milho no Brasil Central. Embrapa.

Amaral Filho, J. P. R. D., Fornasieri Filho, D., Farinelli, R., & Barbosa, J. C. (2005). Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29, 467-473.

Amaral, T., Andrade, C., Cuadra, S., Monteiro, J. D. A., Guimaraes, P. D. O., Trindade, R. D. S., & Amaral, T. A. (2023). Metodologia para o Zoneamento Agrícola de Risco Climático da produtividade do milho: ZarcPro-Milho.

Andrioli, I., Beutler, A. N., Centurion, J. F., Andrioli, F. F., & Coutinho, E. L. M. (2008). Produção de milho em plantio direto com adubação nitrogenada e cobertura do solo na pré-safra. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32, 1691-1698. Doi: 10.1590/S0100-06832008000400034

Araujo, A. V. D., Brandão Junior, D. D. S., Ferreira, I. C. P. V., Costa, C. A. D., & Porto, B. B. A. (2013). Desempenho agrônômico de variedades crioulas e híbridos de milho cultivados em diferentes sistemas de manejo. *Revista Ciência Agronômica*, 44, 885-892.

Araujo, A. V. de, Brandão Junior, D. da S., Ferreira, I. C. P. V., Costa, C. A. da, & Porto, B. B. A. (2013). Desempenho agrônomo de variedades crioulas e híbridos de milho cultivados em diferentes sistemas de manejo. *Revista Ciência Agronômica*, 44(4), 885–892. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000400027>

Artuzo, F. D., Foguesatto, C. R., Machado, J. A. D., de Oliveira, L., & de Souza, Â. R. L. (2019). O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 12(2), 515-540.

Assad, E. D., Costa, L. C., CALMON, M., Feltran-Barbieri, R., Campanili, C. A., & Nobre, C. A. (2019). Papel do Plano ABC e do Planaveg na adaptação da agricultura e da pecuária às mudanças climáticas. São Paulo: WRI Brasil, 2019.

Azad, A., Ul, M., Chesti, H., Shafi, S., & Qayoom, S. (2022). Effect of different sowing dates and nitrogen levels on the nitrogen content and uptake of maize under temperate conditions of Kashmir. <https://www.researchgate.net/publication/382490018>

BARROS, J. F., & CALADO, J. G. (2014). A cultura do milho. Apostila. Universidade de Évora.

Beck, P. (2020). Expectativas para Avicultura e Suinocultura são de acomodação de custos, crescimento de produção e de exportações. Expectativas para Avicultura e Suinocultura são de acomodação de custos, crescimento de produção e de exportações - aviNews Brasil.

Bertin, E. G., Andrioli, I., & Centurion, J. F. (2005) Plantas de cobertura em pré Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto safra ao milho em plantio direto safra ao milho em plantio direto.

Beutler, A. N., Fonseca, D. A. R., Fulaneti, F. S., Brandli, L. W., Zimmermann, P., & Scheffer, N. M. (2024). Quantidade de palha de azevém na superfície do solo e produtividade de soja em plantio direto sob integração lavoura pecuária. *OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA*, 22(1), 01-15.

Borges, T. K. D. S., Montenegro, A. A. D. A., Santos, T. E. M. D., Silva, D. D. D., & Silva Junior, V. D. P. (2014). Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (*Zea mays* L.) em semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, 38, 1862-1873.

Bortolini, C. G., Silva, P. R. F., & Argenta, G. (2000). Efeito de resíduos de plantas jovens de aveia preta em cobertura de solo no crescimento inicial do milho. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 6(1), 83-88.

Brandão, E. D., & Silva, I. de F. da. (2012). Formação e estabilização de agregados pelo sistema radicular de braquiária em um Nitossolo Vermelho. *Ciência Rural*, 42(7), 1193–1199. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000700009>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2023). Programa Nacional de Zoneamento Agrícola de Risco Climático: PORTARIA SPA/MAPA Nº 357, DE 27 DE JUNHO DE 2023. Disponível em: https://www.bing.com/search?pglt=297&q=Aprova+o+Zoneamento+Agrícola+de+Risco+Climático+-+ZARC+para+a+cultura+do+milho+no+estado+de+Pernambuco%2C+ano-safra+2023%2F2024&cvid=7d5e42e97cb0478b955981e42c5cd70e&gs_lcrp=EgRIZGdIKgYIABBFgDkyBggAEEUYOdIBBzY3OGowajGoAgiwAgE&FORM=ANNTA1&P_C=U531

Brito, A. R., Pereira, H. S., & Brachtvogel, E. L. (2019, June). Saturação por bases na integração lavoura-pecuária com cultivo de milho nos dois primeiros anos. In *Colloquium Agrariae*. ISSN: 1809-8215 (Vol. 15, No. 3, pp. 58-68).

Cagna, C. P., Calábria, Z. K. P., Guedes Filho, O., Pacheco, L. P., & Silva, T. J. A. da. (2019). STRUCTURAL PROPERTIES OF SOIL IN MAIZE AND FORAGE GRASS INTERCROPPING UNDER NO-TILLAGE IN THE BRAZILIAN CERRADO. *Engenharia Agrícola*, 39(4), 512–517. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v39n4p512-517/2019>

Calonego, J. C., & Rosolem, C. A. (2010). Soybean root growth and yield in rotation with cover crops under chiseling and no-till. *European Journal of Agronomy*, 33(3), 242–249. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.06.002>

Cantarella, H., Trivelin, P. C. O., Contin, T. L. M., Dias, F. L. F., Rossetto, R., Marcelino, R., ... & Quaggio, J. A. (2008). Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. *Scientia agrícola*, 65, 397-401.

Carvalho, H. W. L. de ., Leal, M. de L. da S., Cardoso, M. J., Santos, M. X. dos ., Tabosa, J. N., Carvalho, B. C. L. de ., & Lira, M. A.. (2002). Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro no triênio 1998 a 2000. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(11), 1581–1588. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002001100009>

Carvalho, M. N. (2019). Avaliação de cultivares de milho comercial e experimental no alto sertão sergipano.

Cavaleri-Polizeli, K. M. V., Marcolino, F. C., Tormena, C. A., Keller, T., & Moraes, A. de. (2022). Soil Structural Quality and Relationships With Root Properties in Single and Integrated Farming Systems. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.901302>

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. (2024). CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Quinto levantamento. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>, 5.

Correia, N. M., & Durigan, J. C. (2008). Culturas de cobertura e sua influência na fertilidade do solo sob sistema de plantio direto (SPD). *Bioscience Journal*, 20-31.

Correia, N. M., & Durigan, J. C. (2008). Culturas de cobertura e sua influência na fertilidade do solo sob sistema de plantio direto (SPD). *Bioscience Journal*, 20-31.

Costa, K., Oliveira, I., & Faquin, V. (2006). Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Urochloa* em solos do Cerrado.

Costa, R. L., de Mello Baptista, G. M., Gomes, H. B., dos Santos Silva, F. D., da Rocha Júnior, R. L., de Araújo Salvador, M., & Herdies, D. L. (2020). Analysis of climate extremes indices over northeast Brazil from 1961 to 2014. *Weather and Climate Extremes*, 28, 100254.

Dabija, A., Ciocan, M. E., Chetrariu, A., & Codină, G. G. (2021). Maize and Sorghum as Raw Materials for Brewing, a Review. *Applied Sciences*, 11(7), 3139.
<https://doi.org/10.3390/app11073139>

de Almeida Cartaxo, P. H., de Souza Laurentino, L. G., de Araújo, H. M., de Lacerda, L. B., Gonzaga, K. S., da Silva Santos, A., & de Oliveira Santos, J. P. (2019). Análise da dinâmica agropecuária (1996-2017) do município de Dois Riachos, Alagoas (Brasil). *Meio Ambiente (Brasil)*, 1(1).

de CARVALHO, H. W. L., LEAL, M. D. L., & dos SANTOS, M. X. (2018). Estimativas de parâmetros genéticos na variedade de milho BR 5033 Asa Branca no Nordeste Brasileiro.

de Carvalho, H. W. L., LEAL, M. D. L., dos Santos, M. X., & de Carvalho, P. C. L. (2000). Estimativas de parâmetros genéticos na variedade de milho BR 5028-São Francisco no nordeste brasileiro.

de Oliveira, R. M., de Oliveira, R. A., de Oliveira, E. M., Botelho, M. E., & de Oliveira, J. T. (2021). Efeito da frequência de irrigação e fósforo nas características biométricas do milho. *Research, Society and Development*, 10(2), e46110212737-e46110212737.

de Souza, C. S., de Queiroz, A. M., de Barros Monteiro, V., Silva, M. J. C., & de Moura, E. J. (2021). CAMPO DE MULTIPLICAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SEMENTES GENÉTICAS DA VARIEDADE DE MILHO JATINÃ C3 ANÃO DO BANCO DE GERMOPLASMA (BAG) DO IPA. *International Journal of Agrarian Sciences-PDVAGRO*, 1(2), 22-40. Doi: 10.31692/2764-3425.v1i2.42

Dias, R. D. C., Teixeira, P. C., Pereira, R. N., Loiola, J. A. D., Pereira, M. G., & Zonta, E. (2022). Curvas de resposta do milho à adubação potássica obtidas através de experimento fatorial

dos Santos, R. D., Pereira, L. G. R., Neves, A. L. A., Azevêdo, J. A. G., de Moraes, S. A., & Costa, C. T. F. (2010). Características agronômicas de variedades de milho para produção de silagem. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 32(4), 367-373.

Elisio Contini, Mierson Martins Mota, Renner Marra, Emerson Borghi, Rubens Augusto de Miranda, Alexandre Ferreira da Silva, Dagma Dionísia da Silva, Jane Rodrigues de Assis Machado, Luciano Viana Cota, Rodrigo Verás da Costa, & Simone Martins Mendes. (2019). Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos. EMBRAPA, 1, 1–45.

Endrigo, P. C. (2015). Fitotoxicidade de herbicidas em função do manejo do nitrogênio no milho.

Favilla, H. S., Tormena, C. A., & Cherubin, M. R. (2021). Detecting near-surface *Urochloa ruziziensis* (Braquiaria grass) effects on soil physical quality through capacity and intensity indicators. *Soil Research*, 59(2), 214.

<https://doi.org/10.1071/SR20148>

FEBRAPDP –Federação Brasil fazer Sistema Plantio Direto. (2022). Evolução da área solúcar plantio direto Não Brasil. Federação Brasil Fazer Sistema Plantio Direto. [https://febrapdp.org.br/download/14588evolucao-Pd-Não-bbasil-2021-jpg.jpg](https://febrapdp.org.br/download/14588evolucao-Pd-Nao-bbasil-2021-jpg.jpg)

Ferreira, C. J. B., Tormena, C. A., Severiano, E. D. C., Zotarelli, L., & Betioli Júnior, E. (2021). Soil compaction influences soil physical quality and soybean yield under long-term no-tillage. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67(3), 383–396.

<https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1733535>

Freire, F. M.; Vasconcellos, C. A.; França, G. E. (2001). Manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto. EMBRAPA. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, jan./fev. 2001.

Galon, L., Tironi, S. P., Rocha, A. D., Soares, E. R., Concenço, G., & Alberto, C. M. (2010). Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho. *Revista Tropica–Ciências Agrárias e Biológicas*, 4(3), 18.

Gazzoni, D. L. (2017). Como alimentar 10 bilhões de cidadãos na década de 2050? *Ciência e Cultura*, 69(4), 33–38. <https://doi.org/10.21800/2317-66602017000400012>

Goedert, W. J., Schermack, M. J., & Freitas, F. C. D. (2002). Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37, 223-227.

Gomes, O., Gorenstein, M., & Tateyama, G. (2006). Diferentes doses de adubação de cobertura em milho (*Zea mays* L.) com sulfato de amônio farelado. *Revista científica eletrônica de agronomia*.

Guimarães, F. D. S., Rezende, P. M. D., Castro, E. M. D., Carvalho, E. D. A., Andrade, M. J. B. D., & Carvalho, E. R. (2008). Soybean cultivars [*Glycine max* (L.) Merrill] for summer culture in Lavras MG region. *Ciência e Agrotecnologia*, 32, 1099-1106.

Kaneko, F. H., Arf, O., Gitti, D. D. C., Arf, M. V., Chioderoli, C. A., & Kappes, C. (2010). Manejo do solo e do nitrogênio em milho cultivado em espaçamentos

reduzido e tradicional. *Bragantia*, 69, 677-686. Doi: 10.1590/S0006-87052010000300020

Koudahe, K., Allen, S. C., & Djaman, K. (2022). Critical review of the impact of cover crops on soil properties. *International Soil and Water Conservation Research*, 10(3), 343-354.

Lange, A., Cavalli, E., Cavalli, C., & Buchelt, A. C. (2019). Adubação potássica e seu efeito residual no sistema soja-milho safrinha em Mato Grosso. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 18(2), 192-205.

Leal, A. J. F., Lazarini, E., Tarsitano, M. A. A., DE SÁ, M. E., & Júnior, F. G. G. (2005). Viabilidade econômica da rotação de culturas e adubos verdes antecedendo o cultivo do milho em sistema de plantio direto em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 4(03).

Momesso, L., Crusciol, C. A. C., Cantarella, H., Tanaka, K. S., Kowalchuk, G. A., & Kuramae, E. E. (2022). Optimizing cover crop and fertilizer timing for high maize yield and nitrogen cycle control. *Geoderma*, 405, 115423. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115423>

Nascimento Júnior, L. F. do, Torino, A. B., Silva, L. M. da, Costa, K. A. de P., Bilego, U. O., Menezes, C. C. E. de, & Severiano, E. da C. (2023). Modeling and quantification of soil compaction promoted by animal trampling in an integrated crop–livestock system. *Semina: Ciências Agrárias*, 44(3), 1179– 1196. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2023v44n3p1179>

Nunes, R. D. S., de Sousa, D. M. G., Goedert, W. J., de Oliveira, L. E. Z., Pavinato, P. S., & Pinheiro, T. D. (2020). Distribution of soil phosphorus fractions as a function of long-term soil tillage and phosphate fertilization management. *Frontiers in Earth Science*, 8, 350.

Nunes, R. S. (2014). Eficiência de uso do fosforo em sistemas de manejo do solo e adubação fosfatada por um longo período [Tese de doutorado]. Universidade de Brasília.

Ohland, R. A. A., Souza, L. C. F. D., Hernani, L. C., Marchetti, M. E., & Gonçalves, M. C. (2005). Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. *Ciência e Agrotecnologia*, 29, 538-544.

Oliveira, F. P. D., Buarque, D. C., Viero, A. C., Merten, G. H., Cassol, E. A., & Minella, J. P. (2012). Fatores relacionados à suscetibilidade da erosão em entressulcos sob condições de uso e manejo do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16, 337-346. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S141543662012000400002>

Padilha, F. A. Desempenho de híbridos de milho em dois níveis de investimento tecnológico na região de Sete Lagoas–MG. 2014. 72 f. 2014. Dissertação (Mestrado em 2014) Universidade Federal de São João del Rey. São João del Rey.

Pariz, C. M., Costa, C., Crusciol, C. A. C., Meirelles, P. R. L., Castilhos, A. M., Andreotti, M., Costa, N. R., Martello, J. M., Souza, D. M., Sarto, J. R. W., & Franzluebbbers, A. J. (2016). Production and Soil Responses to Intercropping of Forage Grasses with Corn and Soybean Silage. *Agronomy Journal*, 108(6), 2541–2553. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.02.0082>

Paula, C. V. D. (2017). A competitividade do Brasil, dos Estados Unidos da América (EUA) e da Argentina nas exportações de milho no período 2000-2015.

PAULINO MOTTER, & HERLON GOELZER DE ALMEIDA. (2015). Plantio direto: a tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira. Foz Do Iguaçu: Parque Itaipu, 114.

Pereira Filho, I. A., Alvarenga, R. C., Gontijo Neto, M. M., Viana, J. H. M., Oliveira, M. D., Matrangolo, W. J. R., & Albuquerque Filho, M. D. (2010). *Cultivo do milho* (Vol. 1). J. C. C. Cruz (Ed.). Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo.

Peron, G. D. C., Von Pinho, R. G., Bernardo Júnior, L. A. Y., Souza, V. F. de, Pereira, F. D. C., Vieira junior, I. C., Balestre, M., & Cardoso, D. A. D. B. (2019). Influência de formas de adubação de semeadura na produtividade de grãos de híbridos de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 18(1), 88–98. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v18n1p88-98>

Pitelli, R. A., Durigan, J. C., & Rossello, R. D. (2001). Ecologia das plantas daninhas no sistema de plantio direto. *ROSSELLO, RD Siembra directa en el cono sur. Montevideo: PROCISUR*, 203-210.

Plaza-Bonilla, D., Nolot, J. M., Raffaillac, D., & Justes, E. (2015). Cover crops mitigate nitrate leaching in cropping systems including grain legumes: field evidence and model simulations. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 212, 1-12.

Rangel, B. (2022). FORMULAÇÕES DE ADUBOS NITROGENADO E POTÁSSICO APLICADOS EM DIFERENTES ÉPOCAS DE COBERTURA EM CULTIVO DE MILHO.

Rangel, J. D. A., de Moraes, S. A., Tonucci, R. G., do Amaral, A. J., Zonta, J. H., de Souza, S. F., ... & Piovezan, U. (2020). Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: uma análise temporal de sua utilização no Semiárido brasileiro.

Ribeiro Brito, A., de Sousa Pereira, H., & Luiz Brachtvogel, E. (2019). Saturação por bases na integração lavoura-pecuária com cultivo de milho nos dois primeiros anos. *COLLOQUIUM AGRARIAE*, 15(3), 58–68. <https://doi.org/10.5747/ca.2019.v15.n3.a299>

Ribeiro, L. P., Chiaradia, L. A., Madalóz, J. C., & Nesi, C. N. (2016). Pragas e doenças do milho: diagnose, danos e estratégias de manejo. *Boletim Técnico*, 84-84.

Saath, K. C. O., Fachinello, A. L. (2018). Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. *Rev. Econ. Sociol. Rural* vol.56 no.2 Brasília

Santos, E. S., Santos, H. T., & da Mota, D. H. (2021). Adubação potássica antecipada na cultura do milho. *Perquirere*, 2(18), 23-31.

Santos, J. R., de Freitas Maia, A. G., da Costa, A. F., de Godoy, M. S., & Silva, R. I. R. (2018). Eficiência de métodos de controle na supressão da *Spodoptera frugiperda* (Smith) na cultura do milho. *Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal*, 7-13.

Silva, D. M., & Kikuti, H. (2009). DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE POTÁSSIO NA CULTURA DO MILHO. *ANAIS DO ENIC*, (1).

Silva, E. C. D., Muraoka, T., Buzetti, S., & Trivelin, P. C. O. (2006). Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 477-486.

Silva, J. F. G., de Souza Linhares, A. J., Gonçalves, W. G., de Pinho Costa, K. A., Tormena, C. A., Silva, B. M., ... & da Costa Severiano, E. (2021). Are the yield of sunflower and *Paiguas* palisadegrass biomass influenced by soil physical quality?. *Soil and Tillage Research*, 208, 104873.

Silva, J. F. G., Linhares, A. J. de S., Gonçalves, W. G., Costa, K. A. de P., Tormena, C. A., Silva, B. M., Oliveira, G. C. de, & Severiano, E. da C. (2021). Are the yield of sunflower and *Paiguas* palisadegrass biomass influenced by soil physical quality? *Soil and Tillage Research*, 208, 104873. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104873>

Silveira, D. C., Fontaneli, R. S., Rebesquini, R., DALL'AGNOL, E., PANISSON, F., BOMBONATTO, M., & CEOLIN, M. (2020). Plantas de cobertura de solo de inverno em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária.

Silveira, E. S., Carvalho, M. N., Lima, B. B. D., Oliveira, T. R. A. D., & Oliveira, G. H. F. D. (2021). Caracterização de diferentes classes genéticas de milho cultivados em região semiárida quanto ao potencial forrageiro. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 26(04), e13102.

Šimić, B., Ćosić, J., Duvnjak, V., Andrić, L., & Liović, I. (2010). Influence of fertilization on sweet corn characteristics.

Sobrinho, T. A., Vitorino, A. C., de Souza, L. C., Gonçalves, M. C., & Carvalho, D. F. D. (2003). Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 7, 191-196.

Sousa, G. G. D., Lacerda, C. F. D., Cavalcante, L. F., Guimarães, F. V., Bezerra, M. E. D. J., & Silva, G. L. D. (2010). Nutrição mineral e extração de nutrientes de planta de milho irrigada com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14, 1143-1151.

SUDENE. (2017) Delimitação do semiárido. Disponível em: Sudene: site oficial — Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Acessado em: 17 de novembro de 2024.

Teixeira, F. F., VASCONCELLOS, J., & VASCONCELLOS, J. H. (2020). Diversidade genética entre acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Milho que compõem o Kit Diversidade de Milho para o Semiárido.

Vizioli, B., Cavalieri-Polizeli, K. M. V., Tormena, C. A., & Barth, G. (2021). Effects of long-term tillage systems on soil physical quality and crop yield in a Brazilian Ferralsol. *Soil and Tillage Research*, 209, 104935.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2021.104935>

Capítulo 1 - Consórcio milho x capim-corrente: produção de diferentes híbridos e qualidade da forragem sob diferentes manejos da adubação em sistema de plantio direto

RESUMO

Objetivou-se avaliar o rendimento de grãos e a composição bromatológica de híbridos de milho, bem como os atributos físicos e químicos do solo em função dos diferentes manejos de adubação, em sistema de plantio direto. O experimento foi implantado 12/01/2023 na estação experimental do Instituto Agrônomicos de Pernambuco- IPA em Serra Talhada, seguindo o delineamento em esquema inteiramente casualizado DIC, com um arranjo fatorial 3x4, sendo, três híbridos (B2433PWU; B2782PWU e B2620PWU) e quatro manejos de adubação (SEM- sem adubação; SOF- só adubação de fundação; AFCNP- adubação de fundação e cobertura no plantio e AFCV4 - adubação de fundação e cobertura em estágio V4). Foram avaliados parâmetros de rendimento de grãos, a bromatologia da forragem do milho e do capim corrente, além das características físicas e químicas do solo. Conclui-se que, o híbrido B2433PWU associado ao manejo de adubação de fundação e cobertura em estágio V4 (FCV4) apresentou melhor desempenho agrônomico; a depender do híbrido de milho utilizado, pode-se reduzir a adubação sem redução significativa na produtividade de grãos; a produção de massa seca do milho e do capim-corrente apresentou resposta positiva ao manejo de adubação em ambiente semiárido; as características químicas e físicas do solo melhoram de forma específica a curto prazo, em função dos diferentes manejos de adubação em sistema de plantio direto.

Palavras-chave: biomassa, sustentabilidade, solo, manejo cultural, *Zea mays*.

Chapter 1 - Corn x sabi grass intercropping: production of different hybrids and forage quality under different fertilization managements in a no-tillage system

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the grain yield and bromatological composition of corn hybrids and sabi grass, as well as the physical and chemical attributes of the soil according to different fertilization management, in a no-tillage system. The experiment was implemented on January 12, 2023 at the experimental site of the Agronomic Institute of Pernambuco- IPA in Serra Talhada, following the completely randomized design DIC, with a 3x4 factorial arrangement, being three hybrids (B2433PWU; B2782PWU and B2620PWU) and four fertilization managements (SEM - no fertilization; SOF - only foundation fertilization; AFCNP - foundation and cover fertilization at planting and AFCV4 foundation and cover fertilization at stage V4). Grain yield parameters, corn and sabi grass bromatology, and the soil's physical and chemical characteristics were evaluated. It was concluded that the B2433PWU hybrid associated with foundation and cover fertilization management at the V4 stage (FCV4) presented better agronomic performance; depending on the corn hybrid used, fertilization can be reduced without a significant reduction in grain productivity; the dry mass production of corn and grass showed a positive response to fertilization management in a semiarid environment; the chemical and physical characteristics of the soil improve specifically in the short term, depending on the different fertilization managements in a no-till system.

Key words: biomass, sustainability, soil, cultural management, *Zea mays*.

1. Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é uma das principais commodities do agronegócio brasileiro com o patamar de maior cultura agrícola do globo (Dabija *et al.*, 2021; Azad *et al.*, 2022) é necessário o aumento da sua produção em torno de 70% entre os anos de 2010 e 2050 (Gazzoni, 2017). Contudo, os sistemas de cultivo convencionais adotados, são altamente exigentes em nutrição, contribuem para intensificação dos processos degradativos do solo (Shaheb *et al.*, 2021; Rathore *et al.*, 2022) e acarretam em baixas produtividades (Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB, 2023). Portanto, é preciso adotar tecnologias que aumentem a eficiência de uso das terras a fim de atender à crescente demanda global por milho (Momesso *et al.*, 2022).

Desta forma, o cultivo de milho tem recebido inúmeras tecnologias nos últimos anos, dentre estas, destaca-se o sistema de plantio direto (SDP) adotado em 33 milhões de hectares no Brasil (FEBRAPDP, 2022), por reduzir a erosão do solo e melhorar suas propriedades físicas, químicas e biológicas (Rangel *et al.*, 2018). No entanto, apesar das vantagens evidentes do SPD, (Ferreira *et al.*, 2021; Vizioli *et al.*, 2021), os melhores desempenhos para a cultura do milho têm sido evidenciadas em consórcio com gramíneas forrageiras, associado a diferentes manejos de adubação (Ferreira *et al.*, 2021; Cavalieri-Polizeli *et al.*, 2022; Nascimento Júnior *et al.*, 2023).

O emprego do sistema de plantio direto pode flexibilizar e até otimizar a necessidade de adubação, bem como reduzir os custos desta operação (Beutler *et al.*, 2024). Entretanto, os impactos do SPD na redução da necessidade de adubação, ainda são controversos (Beutler *et al.*, 2024), especialmente no que diz respeito a materiais de milho (Mottin *et al.*, 2022). Isso ocorre, pois, a exigência nutricional requerida para o alto rendimento e o impacto do cultivo nas características físico-químicas do solo, deve ser atribuído também ao material genético adotado.

Ao avaliar híbridos comerciais e variedades melhoradas de milho, Brito *et al.* (2005) verificaram que houve diferença significativa quanto ao nível tecnológico empregado, contrastante ao que apontam Araújo *et al.* (2013) e Resende *et al.* (2012) que as fontes, formas e quantidades de adubação são os principais fatores impactantes no rendimento do milho. Porém, ainda são escassos os trabalhos comparativos entre materiais genéticos de milho, especialmente para a região semiárida (Pereira *et al.*, 2020). Tendo em vista a carência de estudos a respeito da

escolha do material genético ideal e manejo de adubação a ser adotado, principalmente em SPD (Bonetti *et al.*, 2017; Peterson *et al.*, 2020). O presente trabalho, objetivou avaliar o rendimento e composição bromatológica de híbridos de milho, bem como os atributos físicos e químicos do solo em função dos diferentes manejos de adubação, em sistema de plantio direto.

2. Métodos

2.1 Local do estudo

O trabalho foi desenvolvido de janeiro a julho de 2023, a semeadura foi realizada no dia 12/01/2023, no campo experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), em Serra Talhada-PE, Brasil (7° 57' 1,64''S e 38° 17' 36,4'' W). O clima do local é do tipo BSh, segundo a classificação de Köppen, caracterizado como semiárido quente e seco, com altitude de 481 m, e precipitação pluvial média anual de 647 mm (Alvares *et al.*, 2013). Os dados climáticos durante o ciclo de desenvolvimento da cultura estão presentes na figura 1.

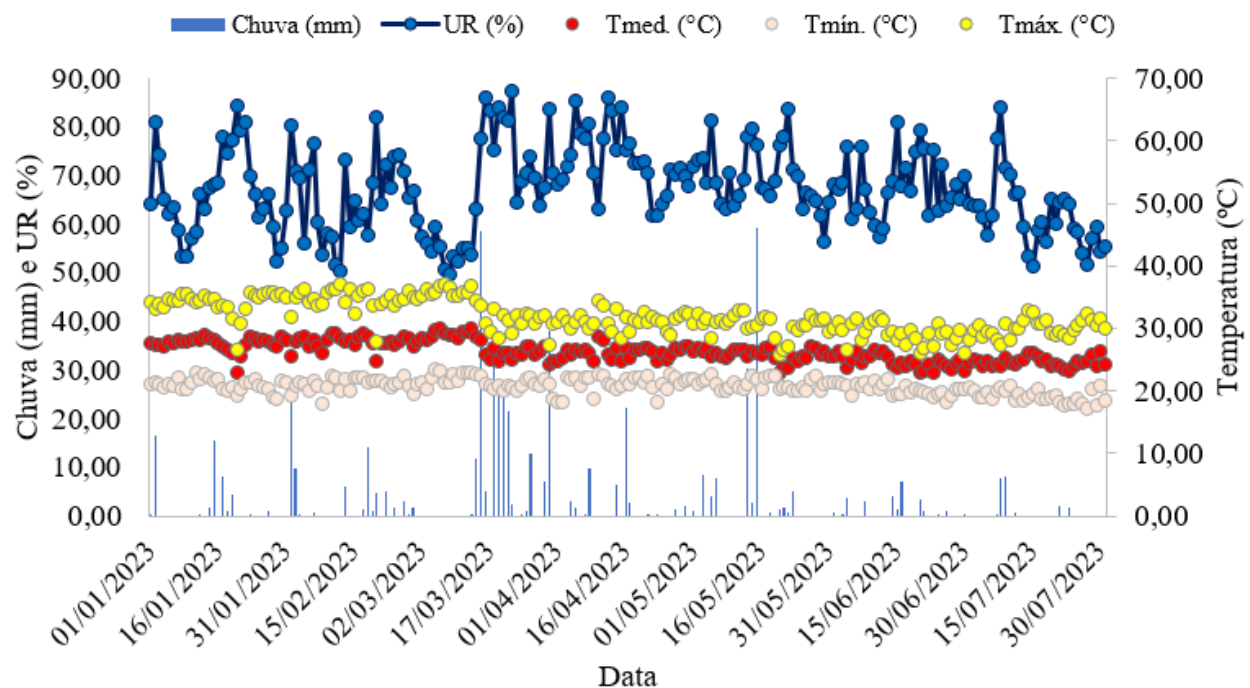


Figura 1. Valores médios diários de Chuva (mm); Umidade Relativa (UR, %); Temperatura máxima (Tmáx, °C); Temperatura mínima (Tmin, °C) e Temperatura média (Tmed, °C), durante o período experimental.

Fonte: INMET, 2023.

O solo da área experimental foi coletado previamente nas camadas de 0-20 e 20-40 cm e analisado quimicamente antes da instalação do experimento, para fins de caracterização (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas do solo utilizado no experimento, nas camadas 0-20 e de 20-40 cm.

Camadas	P	pH	Ca	Mg	Na	K	Al	H+Al	S	CTC	M.O.	V
(cm)	mg dm ⁻³	H ₂ O	-----cmolc dm ⁻³ -----								g kg ⁻¹	%
0-20	286,3	5,93	3,85	1,85	0,05	0,5	0,03	0,8	6,6	7,4	11,9	89,2
20-40	156,9	6,73	3,52	1,77	0,04	0,6	0,0	0,5	5,9	6,4	8,5	92,3

M. O.: matéria orgânica. Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, 2023.

2.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3x4, sendo três híbridos de milho superprecoces com ciclo médio de 110 dias (B2433PWU, B2782PWU e B2620PWU), todos os híbridos possuem a biotecnologia PWU- PowerCore® Ultra, que possui quatro proteínas inseticidas (Cry1F, Cry1A.105, Cry2Ab2 e Vip3Aa20), que conferem auxílio ao controle das populações suscetíveis dos principais lepidópteros que atacam a cultura do milho e quatro diferentes manejos de adubação (1- (SEM) sem adubação; 2- (SOF) apenas adubação de fundação; 3- (FCNP) adubação de fundação + adubação de cobertura no momento do plantio e 4- (FCV4) adubação de fundação + adubação de cobertura em estágio V4). Correspondendo a 12 tratamentos com cinco repetições, totalizando 60 unidades experimentais, com área útil total de 300 m².

Para adubação de fundação, a dose do adubo usado foi de 300 kg ha⁻¹ de N-P-K (13-33-08) tendo como fontes o sulfato de amônio, MAP e cloreto de potássio, respectivamente. A dose da adubação de cobertura foi 400 kg ha⁻¹ de N-P-K (19-09-19) fornecidos por nitrato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

2.3. Procedimentos de condução experimental

O preparo da área para a instalação do plantio direto foi feito com uma aração e uma gradagem, em seguida foi semeado sorgo (*Sorghum bicolor* (L). Moench) do tipo granífero, que posteriormente foi incorporado, com intuito de melhorar as

características químicas do solo. Após a incorporação, o capim-corrente (*Urochloa mosambicensis* (Hanck), presente no banco de sementes do solo, emergiu e foi dessecado para atuar como cultura de cobertura. A dessecação ocorreu com a aplicação de 3 L ha⁻¹ de glifosato + 1,5 L ha⁻¹ de 2,4-D com um pulverizador auto propelido com vazão de 200 L ha⁻¹ de calda. Quinze dias depois, o semeio do milho foi realizado de forma mecanizada o plantio direto com adubação de fundação. A adubação de cobertura das parcelas correspondentes foi realizada manualmente no estágio fenológico V4 (quatro folhas verdadeiras), que ocorreu aproximadamente 15 dias após a semeadura.

Quando as plantas de milho atingiram a maturidade fisiológica, aproximadamente 120 dias após a semeadura, ocorreu a germinação de capim-corrente provenientes do banco de sementes do solo de forma natural. Isso tornou possível avaliar a produção de biomassa de capim nos diferentes tratamentos, o que caracteriza a área como integração lavoura-pecuária, em sistema de plantio direto.

2.4. Coleta de dados

2.4.1. Dados agrônômicos do milho

No estágio R2 (grão leitoso), aproximadamente 65 dias após a semeadura, foram medidas as variáveis altura de planta (AP) e altura de inserção de espiga (AIE) com auxílio de uma fita métrica e o diâmetro do colmo (DC) com uso de um paquímetro. Posteriormente, foi feita contagem do número de folhas (NF) e o número de espigas por planta (NE/P).

Na maturidade fisiológica, foram colhidas, debulhadas e pesadas, espigas de 5 metros de linha de cada unidade experimental, para obtenção do peso de espigas com palha (PECP), peso de espigas sem palha (PESP), peso de grãos por espigas (PG/E), produtividade (Prod.) e o índice de colheita (IC) dado por: IC= (massa de grãos/massa seca total)x100.

2.4.2. Produção e características bromatológicas da forragem

Para avaliação da produção de biomassa do capim e do milho, foi coletada a biomassa total de cada parcela com área útil de 5 m², depois de obtida a produção de biomassa total, retiraram-se sub-amostras de aproximadamente 250 g para serem utilizadas na determinação da produção de matéria seca, através da secagem em

estufa com circulação forçada de ar entre 55-65 °C até as amostras atingirem peso constante.

Depois de secas as amostras do capim e das plantas de milho foram moídas e levadas para o laboratório, para determinação de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), de acordo com a metodologia proposta por (Silva e Queiroz, 2009); fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e fibras totais (FT) de acordo com Van Soest (1994); nitrogênio total (NT), extrato não nitrogenado (ENN), segundo (AOAC- Association of Official Analytical Chemists, 1990).

2.4.3. Caracterização física e química do solo

Para avaliação dos parâmetros físicos e químicos do solo, foram coletadas amostras indeformadas em cada parcela, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, no final do ciclo da cultura, para obtenção da densidade e umidade do solo (θ) conforme a metodologia proposta pela (Teixeira *et al.*, 2017). A resistência à penetração (RP), foi medida com o penetrômetro digital portátil marca PenetroLOG, na camada superficial do solo (0 a 20 cm). Para cada tratamento foram determinados os teores de matéria orgânica, pH, e os teores de macro e micronutrientes (Teixeiras *et al.*, 2017).

2.5. Tratamentos dos dados e análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância para verificar a existência de interação entre os híbridos e as formas de adubação. Em caso de significância dos tratamentos, as médias dos foram comparadas por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Em seguida, foi aplicada a análise dos componentes principais (ACP) a fim de examinar as inter-relações entre as variáveis estudadas, os componentes principais (CPs) significativos foram selecionados de acordo com o critério de Kaiser (1960), considerando apenas autovalores superiores a 1,0 para a validade da aplicação da (ACP) (Lamichhane *et al.*, 2021). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R Studio (R Studio Team, 2021).

3. Resultados

3.1 Efeito isolado dos híbridos nas variáveis estudadas

Pode ser visto na tabela 2, que houve diferença dos híbridos nas características agronômicas e bromatológicas do capim – corrente, dos híbridos de milho, assim como nas propriedades químicas do solo. Sendo, o híbrido B2433PWU o que apresentou melhor desempenho nas variáveis: AP, AIDE, PG/E, PESP, PECP, Prod, BC, BM, MSM, MSC, BT, PT (m), FDN (m), ENN (m), NT(m), PT (c), P, Ca, Mg, K, C e S. Ao passo que o híbrido B2620PWU mostrou-se superior nos teores de FT (c), FDA (c), FDN (c), pH e V, mas inferior nas demais variáveis presentes na tabela 2.

Tabela 2. Valores médios dos componentes agronômicos e bromatológicos do capim – corrente, dos híbridos de milho e características químicas do solo em função do fator híbrido. Serra Talhada, PE. 2023.

Híbridos	Variáveis											
	AP	AIDE	PECP	PESP	PG/E	Prod	BC	BM	MSM	MSC	BT	MM(m)
B2433PWU	1,37a	53,35a	83,59a	65,65a	52,25a	2679,00a	24,48a	6,26a	4,51a	8,84a	30,48a	10,29b
B2782PWU	1,27ab	55,05a	70,64b	56,76b	46,49ab	2542,50a	22,19ab	5,97a	4,67a	7,54ab	28,13a	11,76a
B2620PWU	1,26b	43,40b	69,70b	56,76b	44,52b	1881,00b	17,56b	3,59b	3,07b	6,87b	21,61b	8,82c
Pr > F(Hib.)	0,01	0	0	0,01	0,04	0	0,02	0	0	0	0	0
CV (%)	9,92	17,92	16,66	17,21	20,59	37,87	36,42	20,47	20,05	17,36	28,92	19,34
Híbridos	PT (m)	FDN (m)	FDA (m)	ENN (m)	FT (m)	EE (m)	NT (c)	PT (c)	FDN (c)	FDA (c)	NT(m)	FT (c)
B2433PWU	6,80b	73,14a	36,01b	47,25a	33,13b	2,51b	1,49a	9,32a	74,68ab	43,00ab	1,08b	38,70ab
B2782PWU	8,56a	69,30b	35,03c	44,27b	32,22c	3,16a	1,48a	9,28a	74,06b	42,27b	1,36a	38,04b
B2620PWU	6,20c	72,66a	38,15a	47,15a	35,10a	2,29c	1,38b	8,66b	75,71a	43,70a	0,99c	39,33a
Pr > F(Hib.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,35	0,02
CV (%)	17,93	2,53	5,76	6,91	5,77	19,89	12,87	12,88	3,81	7,45	17,96	7,45
Híbridos	ds(0-10)	P	pH	Ca	Mg	K	H	C	M.O.	S	CTC	V
B2433PWU	1,66b	290,50a	6,65b	4,28a	1,15a	0,74a	2,10a	0,70a	1,21a	6,20a	8,31a	74,37c
B2782PWU	1,70a	209,25b	6,67b	3,83b	1,13a	0,60b	1,70b	0,62b	1,19a	5,58b	7,28b	76,37b
B2620PWU	1,67b	119,50c	6,86a	3,27c	1,01b	0,40c	1,22c	0,59b	1,01b	4,71c	5,95c	79,62a
Pr > F(Hib.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CV (%)	3,27	17,06	2,25	22,39	13,9	14,79	20,21	17,39	17,12	15,08	11,49	5,62

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Abreviações: AP= altura de planta (m); AIDE= altura de inserção de espigas (m); PESP= peso de espiga sem palha (g); PG/E= peso de grãos por espigas (g); Prod.= produtividade (kg ha⁻¹); BC= biomassa do capim (t ha⁻¹); BM= biomassa do milho (t ha⁻¹); MSM= massa seca do milho (t ha⁻¹); MSC= massa seca do capim (t ha⁻¹); BT= biomassa total (t ha⁻¹); MM(m)= material mineral do milho (%); PT (m)= proteína total milho (%); FDN (m)= fibra em detergente neutro milho (%); FDA(m)= fibra em detergente ácido milho (%); ENN(m)= extrato não nitrogenado milho (%); FT(m)= fibra total milho (%); EE(m)= extrato etéreo milho (%); NT(c)= nitrogênio total capim (%); PT (c)= proteína total capim (%); FDN (c)= fibra em detergente neutro (%); FDA (c)= fibra em detergente ácido (%); NT (m)= nitrogênio total milho (%); FT(c)= fibra total capim (%); ds (0-10) = densidade do solo 0-10 cm (g cm⁻³); P= fósforo (mg dm⁻³); Ca= cálcio (cmolc dm⁻³); Mg= magnésio (cmolc dm⁻³); K= potássio (cmolc dm⁻³); H= hidrogênio (cmolc dm⁻³); C= carbono (%); M. O.= matéria orgânica (%); S= enxofre (cmolc dm⁻³); CTC= capacidade de troca de cátion (cmolc dm⁻³); V= saturação por bases (%); CV= coeficiente de variação.

3.2 Efeito isolado das adubações nas variáveis estudadas

Na tabela 3 consta os valores médios dos componentes agronômicos e bromatológicos do capim correntes, dos híbridos de milho e das características físicas

e químicas do solo em função das adubações, onde a adubação FCV4 foi superior às demais nos valores de NF, DC, BM, MSM, MSC, NT (m), PT (m), EE (m), MM (c), NT (c), PT (c), ENN(c), ds(0-10), Ca, K M. O. e CTC. A adubação SEM gerou aumento significativo no PESP, PG/E, FDN (m), ENN (m), C e S.

A adubação parcelada, com cobertura no estágio V4, apresenta aumento de 42% para a variável BT, quando comparada a não utilização de adubação. Para as variáveis BM, NT(m), PT(m), esses incrementos são de 56, 29 e 29,4%, respectivamente. Para a FDN (m) e ENN(m) o comportamento é inverso. No que diz respeito à contribuição do manejo de adubação adotado para a bromatologia do capim, FCV4 e FCNP não diferiram estatisticamente para as variáveis PT(c) e NT(c). Os manejos FCV4 e SEM aumentaram significativamente os teores de Ca, H, C, S e a capacidade de troca catiônica. Ao passo que a matéria orgânica do solo, foi influenciada positivamente apenas pela FCV4.

O híbrido B2433PWU é estatisticamente superior ao B2620PWU para as variáveis Prod, BM e MSM, com incrementos positivos de 26, 103 e 47%, respectivamente. Quando comparado ao B2782PWU, embora sejam estatisticamente semelhantes, apresenta aumentos de 5% para produtividade e biomassa do milho. Para a variável PESP o híbrido B2433PWU é estatisticamente superior aos demais, com aumento de 16% com relação aos híbridos B2782PWU e B2620PWU.

Tabela 3. Valores médios dos componentes agronômicos e bromatológicos do capim – corrente, dos híbridos de milho e características físicas e químicas do solo em função do fator adubação. Serra Talhada, PE. 2023.

Adubação	Variáveis											
	NF	DC	PESP	PG/E	BC	BM	MSM	MSC	BT	MM(m)	NT(m)	PT (m)
FCV4	13,06a	21,86a	56,95ab	43,14b	24,67ab	7,06a	4,76a	9,30a	31,09a	10,17b	1,35a	8,45a
FCNP	12,46a	21,13ab	54,45b	44,29ab	26,40a	4,70b	4,02ab	8,78a	31,15a	11,76a	1,15b	7,21b
SEM	11,33b	18,60b	64,47a	52,78a	17,04c	4,50b	4,14ab	6,51b	21,78b	9,40b	1,04c	6,53c
SOF	12,33a	20,06ab	63,03ab	50,79ab	17,53cb	4,82b	3,41b	6,41b	22,93b	9,83b	1,04c	6,54c
Pr > F(Adub.)	0	0,02	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0
CV (%)	6,88	14,34	17,21	20,59	36,42	20,47	20,05	17,36	28,94	19,34	17,96	17,93
Adubação	FDN (m)	FDA (m)	ENN (m)	FT (m)	EE (m)	MM (c)	NT (c)	PT (c)	FDN (c)	FDA (c)	ENN (c)	FT (c)
FCV4	70,99b	36,72ab	43,89b	33,78ab	3,12a	16,96a	1,48a	9,26a	73,62b	41,09b	32,91a	36,98b
FCNP	70,99b	36,99a	44,31b	34,03a	2,67b	16,08ab	1,50a	9,39a	74,92ab	45,21a	29,13b	40,69a
SEM	73,17a	36,00ab	48,51a	33,12ab	2,41c	15,53b	1,44ab	9,03ab	74,90ab	41,66b	33,83a	37,50b
SOF	71,64b	35,87b	48,20a	33,00b	2,42c	17,01a	1,38b	8,67b	75,84a	44,00a	30,24b	39,60a
Pr > F(Adub.)	0.00	0,01	0.00	0,01	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
CV (%)	2,53	5,76	6,91	5,77	17,89	12,75	12,87	12,88	3,81	7,45	13,46	7,45
Adubação	EE (c)	ds(10-20)	P	pH	Ca	Mg	K	H	C	M.O.	S	CTC
FCV4	3,71c	1,75a	156,16d	6,63c	4,09a	0,93d	0,62a	1,77a	0,65ab	1,29a	5,66ab	7,45a
FCNP	4,42ab	1,75a	227,50b	6,70bc	3,34b	1,26a	0,56b	1,60b	0,62bc	1,07c	5,18c	6,80b
SEM	4,28b	1,77a	193,83c	6,75b	4,15a	1,06c	0,57b	1,79a	0,69a	1,19b	5,81a	7,61a
SOF	4,72a	1,69b	248,16a	6,83a	3,60b	1,15b	0,57b	1,53b	0,59c	1,02c	5,33bc	6,86b
Pr > F(Adub.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CV (%)	18,3	5,69	17,06	2,25	22,39	13,9	14,79	20,21	17,39	17,12	15,08	11,49

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Abreviações: NF= número de folha; DC= diâmetro do colmo (mm); PESP= peso de espiga sem palha (g); PG/E= peso de grãos por espigas (g); BC= biomassa do capim (t ha⁻¹); BM= biomassa do milho (t ha⁻¹); MSM= massa seca do milho (t ha⁻¹); MSC= massa seca do capim (t ha⁻¹); BT= Biomassa total (t ha⁻¹); MM(m)= material mineral do milho (%); NT (m)= nitrogênio total milho (%); PT (m)= proteína total milho (%); FDN (m)= fibra em detergente neutro milho (%); FDA(m)= fibra em detergente ácido milho (%); ENN(m)= extrato não nitrogenado milho (%); FT(m)= fibra total milho (%); EE(m)= extrato etéreo milho (%); MM (c)= material mineral capim (%); NT (c)= nitrogênio total capim (%); PT (c)= proteína total capim (%); FDN (c)= fibra em detergente neutro (%); FDA (c)= fibra em detergente ácido capim (%); ENN (c)= extrato não nitrogenado capim (%); FT (c)= fibra total capim (%); EE (c)= extrato etéreo capim (%); ds (10-20)= densidade do solo 10-20 cm (g cm⁻³); P= fósforo (mg dm⁻³); Ca= cálcio (cmolc dm⁻³); Mg= magnésio (cmolc dm⁻³); K= potássio (cmolc dm⁻³); H= hidrogênio (cmolc dm⁻³); C= carbono (%); M. O.= matéria orgânica (%); S= enxofre (cmolc dm⁻³); CTC= capacidade de troca de cátion (cmolc dm⁻³); V= saturação por bases (%); CV= coeficiente de variação; SEM=

sem adubação; SOF= apenas adubação de fundação; FCNP= adubação de fundação e cobertura no plantio; FCV4= adubação de fundação e cobertura em V4.

3.3 Efeito da interação híbrido x adubação nas variáveis estudadas

A tabela 4 apresenta os valores médios de componentes agronômicos e bromatológicos das plantas de milho. Quando utilizado o híbrido B2433PWU o peso de grãos por espiga apresentou média superior mesmo quando sem adubação, com incremento de 75% com relação ao menor peso obtido. Para a variável matéria seca do milho o comportamento é distinto, pois os manejos de adubação de fundação associado a cobertura em V4 e no plantio apresentam melhor desempenho, isso quando associado aos híbridos B2433PWU e B2782PWU, que são estatisticamente semelhantes. O híbrido B2433PWU quando adotado junto ao manejo de adubação FCV4, possui o melhor desempenho também para as variáveis número de folhas e altura de inserção de espiga. Comportamento semelhante é observado ainda com relação a sua contribuição para o aumento da matéria seca do capim, uma vez que a adoção desta interação resultou em um incremento de 270% quando comparado ao tratamento de menor contribuição.

Para as variáveis NT, PT e EE, os melhores desempenhos são observados para os híbridos B2433PWU e B2782PWU, quando associados ao manejo de adubação FCV4, contudo, para o segundo material, bons resultados são encontrados mesmo quando não há realização de adubação, ambos não diferiram estatisticamente entre si. Os híbridos também mostraram desempenho evidentemente positivo para a variável biomassa total, diferindo estatisticamente dos demais materiais genéticos utilizados. Contudo, o melhor desempenho foi alcançado pelo B2433PWU associado ao manejo FCV4.

Tabela 4. Valores médios dos componentes agronômicos e bromatológicos do capim – corrente e dos híbridos de milho e características físicas e químicas do solo em função da interação dos fatores híbrido x adubação. Serra Talhada, PE. 2023.

Interação	Variáveis									
	NF	DC	AIDE	PECP	PESP	PG/E	BC	BM	MSM	MSC
B2433PWU * FCV4	13,80a	24,00a	63,00a	71,51bc	52,86b	39,35c	34,42ab	8,15a	5,49a	15,08a
B2782PWU * FCV4	13,20ab	24,00a	57,60ab	81,61abc	64,42ab	52,46abc	23,03abc	8,76a	5,57a	7,11cd
B2782PWU * SEM	12,00abc	19,80ab	57,60ab	73,90abc	61,02ab	50,61abc	21,05abc	4,89bcd	4,72ab	8,47bc
B2433PWU * FCNP	12,80ab	20,40ab	51,20ab	66,70c	51,81b	41,33bc	35,74a	3,81cd	3,17bcd	11,87ab
B2433PWU * SEM	10,60c	18,40ab	45,20ab	96,94ab	79,62a	66,00a	12,09c	5,16bc	4,75ab	4,07d
B2433PWU * SOF	11,80bc	21,60ab	54,00ab	99,22a	78,30a	62,30ab	15,67c	7,92a	4,63abc	4,34cd
B2620PWU * FCNP	12,00abc	22,60ab	38,80b	75,09abc	60,15ab	48,81abc	20,22abc	3,84cd	3,81abcd	7,92bcd
B2782PWU * SOF	12,20abc	20,40ab	49,60ab	60,71c	50,24b	40,16c	21,43abc	3,77cd	3,29bcd	8,02bcd
B2782PWU * FCNP	12,60ab	20,40ab	55,40ab	66,34c	51,38b	42,72bc	23,25abc	6,46ab	5,09a	6,56cd
B2620PWU * SOF	13,00ab	18,20ab	45,00ab	74,11abc	60,56ab	49,89abc	15,48c	2,79d	2,31d	6,88cd
B2620PWU * SEM	11,40bc	17,60b	45,00ab	65,53c	52,77b	41,74bc	18,00bc	3,46cd	2,94cd	6,98cd
B2620PWU * FCV4	12,20abc	17,60b	44,80ab	64,05c	53,57b	37,62c	16,56c	4,28bcs	3,21bcd	5,71cd
Pr > F(Hib.*Adub.)	0,04	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0	0,01
CV (%)	6,88	14,34	17,92	16,66	17,21	20,59	36,42	20,47	20,05	17,36
Interação	BT	MM(m)	NT(m)	PT (m)	FDN (m)	FDA (m)	ENN (m)	FT (m)	EE (m)	MM (c)
B2433PWU * FCV4	41,54a	10,26de	1,49a	9,32a	72,17cd	35,35d	44,44def	32,53d	3,45a	17,72a
B2782PWU * FCV4	31,13abc	10,33de	1,43ab	8,98ab	70,10ef	36,430bcd	43,85def	33,51bcd	3,32ab	17,06ab
B2782PWU * SEM	25,94abc	12,53abc	1,48a	9,26a	69,83ef	34,53d	43,01ef	31,77d	3,42a	15,44b
B2433PWU * FCNP	40,29ab	13,16a	1,24bcd	7,77bcd	73,45bc	37,94abc	41,28f	34,90abc	2,87bcd	16,00ab
B2433PWU * SEM	17,13c	7,28fg	0,78g	4,88g	76,05a	35,82cd	53,07a	32,96cd	1,80g	14,80b
B2433PWU * SOF	22,95c	10,46cde	0,84fg	5,24fg	70,88de	34,93d	50,22abc	32,13d	1,94fg	18,10a
B2620PWU * FCNP	24,06bc	10,76bcd	1,03def	6,45def	70,98de	38,73a	44,77de	35,63a	2,38def	15,92ab
B2782PWU * SOF	26,33abc	12,84ab	1,37abc	8,57abc	68,73f	34,84d	43,35ef	32,05d	3,17abc	16,47ab
B2782PWU * FCNP	29,12abc	11,36abcd	1,18cd	7,42cd	68,55f	34,32d	46,89cd	31,57d	2,75cd	16,31ab
B2620PWU * SOF	19,51c	6,18g	0,93efg	5,82efg	75,32ab	37,85abc	51,02ab	34,82abc	2,15efg	16,47ab
B2620PWU * SEM	22,27c	8,41ef	0,87fg	5,47fg	73,62bc	37,65abc	49,45bc	34,64abc	2,02fg	16,34ab
B2620PWU * FCV4	20,60c	9,93de	1,13cd	7,06de	70,71de	38,38ab	43,39ef	35,30ab	2,61de	16,10ab
Pr > F(Hib.*Adub.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
CV (%)	28,94	19,34	17,96	17,93	2,53	5,76	6,91	5,77	17,89	12,75

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Abreviações: NF= número de folha; DC= diâmetro do colmo (mm); PECP= peso de espiga com palha (g); PESP= peso de espiga sem palha (g); PG/E= peso de grãos por espigas (g); BC= biomassa do capim (t ha⁻¹); BM= biomassa do milho (t ha⁻¹); MSM= massa seca do milho (t ha⁻¹); MSC= massa seca do capim (t ha⁻¹); BT= Biomassa total (t ha⁻¹); MM(m)= material mineral do milho (%); NT (m)= nitrogênio total milho (%); PT (m)= proteína total milho (%); FDN (m)= fibra em detergente neutro milho (%); FDA(m)= fibra em detergente ácido milho

(%); ENN(m)= extrato não nitrogenado milho (%); FT(m)= fibra total milho (%); EE(m)= extrato etéreo milho (%); MM (c)= material mineral capim (%); CV= coeficiente de variação; SOF= apenas adubação de fundação; FCNP= adubação de fundação e cobertura no plantio; FCV4= adubação de fundação e cobertura em V4.

A tabela 5 refere-se aos resultados da análise química e física do solo e bromatológica do capim - corrente, para as diferentes interações entre os híbridos e as adubações aplicadas. Os teores de matéria orgânica, apresentaram diferença significativa e oscilaram entre 0,94 e 1,56, sendo a interação que apresentou maior teor de M.O, a combinação adubação de fundação acrescida de cobertura no estádio V4 (FCV4) e híbrido B2782PWU. A CTC do solo também diferiu significativamente, sendo o tratamento de maior representatividade a combinação B2433PWU * FCV4, com incremento médio de 72,07% com relação ao tratamento que teve menor contribuição com a CTC do solo (B2620PWU * FCV4). Os manejos de adubação, quando combinados a diferentes híbridos utilizados, também interferiram nos teores de Ca, H, K, C e S do solo. Para ambas estas variáveis, os maiores valores encontrados estão presentes na combinação B2433PWU e FCV4, com incremento médio de 76, 112, 110, 31 e 63%, com relação aos tratamentos de menor valor para as respectivas variáveis.

A interação B2433PWU * FCNP possui relevante destaque para a variável NT, com incremento de 54% com relação a combinação de menor representatividade. O que difere dos resultados obtidos para os teores de PT, que estiveram entre 7,66 e 9,62, de forma que o tratamento com melhor expressão foi a interação B2433PWU * FCV4. Comportamento semelhante ocorre para a variável ds(0-10), contudo, esta não difere estatisticamente de outros tratamentos como B2782PWU * FCV4; B2782PWU * SEM; B2433PWU * FCNP. Para FDA(c), os tratamentos de melhor expressão foram B2782PWU * FCV4 e B2782PWU * FCNP, estatisticamente semelhantes.

Tabela 5. Valores médios dos componentes bromatológicos do capim – corrente e características físicas e químicas do solo em função da interação dos fatores híbrido x adubação. Serra Talhada, PE. 2023.

Interação	Variáveis										
	pH	Ca	Mg	k	H	C	M.O.	S	CTC	V	P
B2433PWU * FCV4	6,50f	5,25a	1,12cd	0,80a	2,34a	0,76a	1,31b	7,20a	9,55a	75,00de	267,50b
B2782PWU * FCV4	6,55ef	3,80cd	0,90fg	0,70bc	1,85bcd	0,62bc	1,56a	5,40bcde	7,25cd	74,00e	123,50g
B2782PWU * SEM	6,80bc	4,77ab	0,95ef	0,55de	1,65d	0,72ab	1,24bc	6,30ab	7,95bc	79,00abcd	234,00bc
B2433PWU * FCNP	6,60def	3,80cd	1,35ab	0,67c	2,10abc	0,73ab	1,25bc	5,85bc	7,95bc	73,50e	359,50a
B2433PWU * SEM	6,75bcd	4,22bc	1,15cd	0,77ab	2,18ab	0,74a	1,27b	6,15b	8,35b	73,50e	184,50de
B2433PWU * SOF	6,75bcd	3,87bcd	1,00def	0,72abc	1,81cd	0,58c	1,00d	5,60bcd	7,40cd	75,50cde	350,50a
B2620PWU * FCNP	6,85b	2,97d	1,25bc	0,39g	1,11e	0,59c	1,01d	4,60ef	5,75fg	80,50ab	111,00gh
B2782PWU * SOF	6,70bcde	3,50cd	1,50a	0,53ef	1,69d	0,61bc	1,04cd	5,55bcd	7,25cd	76,50bcde	267,50b
B2782PWU * FCNP	6,65cdef	3,25d	1,20bc	0,64cd	1,60d	0,55c	0,94d	5,10cdef	6,70de	76,00bcde	212,00cd
B2620PWU * SOF	7,05a	3,42cd	0,95ef	0,45fg	1,11e	0,59c	1,01d	4,85def	5,95efg	81,50a	126,50fg
B2620PWU * SEM	6,70bcde	3,47cd	1,10cde	0,40g	1,56d	0,61bc	1,05cd	5,00cdef	6,55def	76,50bcde	163,00ef
B2620PWU * FCV4	6,85b	3,22d	0,77g	0,38g	1,11e	0,58c	0,99d	4,40f	5,55g	80,00abc	77,50h
Pr > F(Hib.*Adub.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CV (%)	2,25	22,39	13,9	14,79	20,21	17,39	17,12	15,08	11,49	5,56	17,06
Interação	NT (c)	PT (c)	FDN (c)	FDA (c)	ENN (c)	FT (c)	EE (c)	ds(0-10)	ds(10-20)	MST	
B2433PWU * FCV4	1,54b	9,62b	72,24e	42,00bc	31,25abcd	37,80bc	3,60ef	1,72a	1,72bc	16,06a	
B2782PWU * FCV4	1,50bcd	9,43bcd	73,29de	38,10a	35,25a	34,29d	2,94f	1,72a	1,74bc	13,41ab	
B2782PWU * SEM	1,57b	9,85b	74,37cde	38,85cd	34,74a	34,97cd	4,96bc	1,71ab	1,75abc	11,23ab	
B2433PWU * FCNP	1,88a	11,75 ^a	73,04de	43,14b	27,46d	38,82b	5,95a	1,66abc	1,72bc	14,53ab	
B2433PWU * SEM	1,22e	7,66e	77,88ab	42,74b	35,42a	38,47b	3,64ef	1,65bc	1,86a	9,28b	
B2433PWU * SOF	1,32de	8,26de	75,55abcd	44,13b	29,75bcd	39,72b	4,15cde	1,62c	1,70c	10,31ab	
B2620PWU * FCNP	1,30e	8,12e	76,73abc	44,09b	32,27ab	39,69b	3,45ef	1,69ab	1,80ab	11,38ab	
B2782PWU * SOF	1,52bc	9,54bc	73,62de	43,73b	29,80bcd	39,35b	5,07b	1,66abc	1,68c	12,31ab	
B2782PWU * FCNP	1,32cde	8,29cde	74,98bcde	48,41a	27,66cd	43,57a	3,86de	1,70ab	1,72bc	12,34ab	
B2620PWU * SOF	1,31de	8,21de	78,34a	44,14b	31,16abcd	39,72b	4,95bc	1,71ab	1,69c	10,41ab	
B2620PWU * SEM	1,53b	9,57b	72,46de	43,40b	31,34abcd	39,06b	4,26bcde	1,67abc	1,68c	10,66ab	
B2620PWU * FCV4	1,40bcde	8,73bcde	75,34abcd	43,18b	32,25abc	38,86b	4,59bcd	1,61c	1,80ab	9,42b	
Pr > F(Hib.*Adub.)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	
CV (%)	12,87	12,88	3,81	7,45	13,46	7,45	18,3	3,27	5,69	12,47	

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Abreviações: Ca= cálcio (cmolc dm⁻³); Mg= magnésio (cmolc dm⁻³);k= potássio (cmolc dm⁻³); H= hidrogênio (cmolc dm⁻³); C= carbo no (%); M. O.= matéria orgânica (%); S= enxofre (cmolc dm⁻³); CTC= capacidade de troca de cátion (cmolc dm⁻³); V= saturação por bases (%); CV= coefiente de variação; P= fósforo (mg dm⁻³); NT (c)= nitrogênio total capim (%); PT (c)= proteína total capim (%); FDN (c)= fibra em detergente neutro capim (%); FDA (c)= fibra em detergente ácido capim (%); ENN(c)= extrato não nitrogenado capim (%); FT (c)= fibra total

capim (%); EE(c)= extrato etéreo capim (%); ds(0-10)= densidade do solo 0-10cm (g cm^{-3}); ds(10-20)= densidade do solo 10-20 cm (g cm^{-3}) MST= massa seca total milho mais capim (t ha^{-1}); CV= coeficiente de variação; SOF= apenas adubação de fundação; FCNP= adubação de fundação e cobertura no plantio; FCV4= adubação de fundação e cobertura em V4.

3.4 Inter-relações entre as variáveis estudadas

Na figura 2 pode ser observada a análise de componentes principais das variáveis agronômicas do milho, bromatológicas do capim e do milho e as características físicas e químicas do solo, mostrando suas respectivas interações em um espaço multivariado. Nas figuras (a e b) constam os dois primeiros componentes (PC1 e PC2), que juntos explicam 57,55% da variância, com o PC1 explicando 34,88% e o PC2 26,66, respectivamente. Além disso, é possível observar que as variáveis se associam positivamente quando o ângulo entre elas é menor que 90° , negativamente quando o ângulo é maior que 90° e quando o ângulo é de 90° as variáveis não estão associadas. Assim, a Prod, IC, PECP, PESP, PG/E, ENN(c) e NE/P estão associados positivamente e próximos os tratamentos B2433PWU-SEM e B2433PWU-SOF, evidenciando que estes foram os tratamentos que geraram maiores médias às variáveis supracitadas.

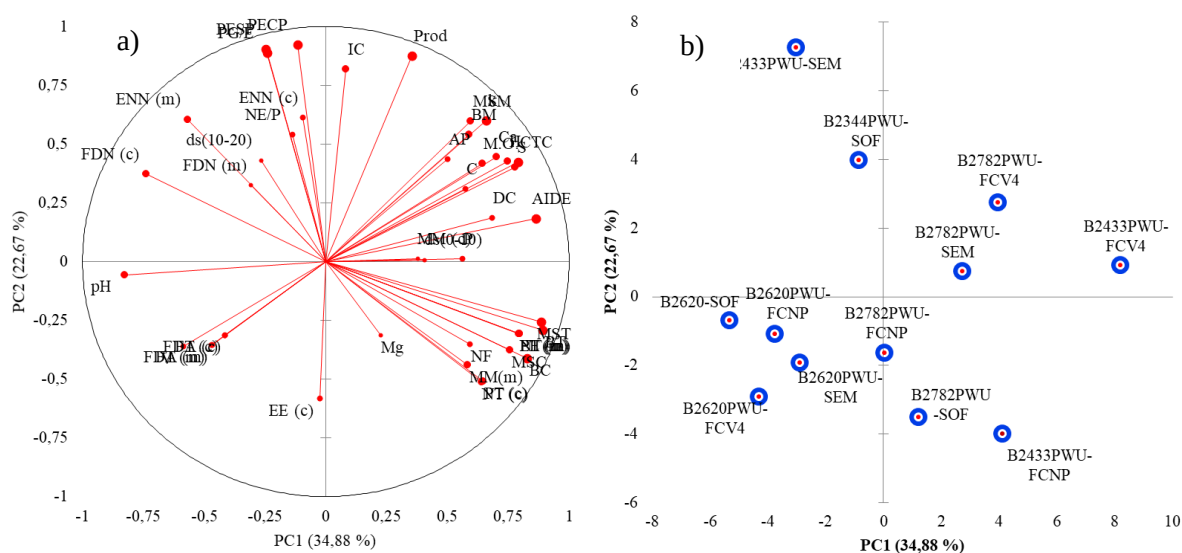


Figura 2. Gráficos do componente principal 1 versus componente principal 2, com base nas características agronômicas e bromatológicas do milho, do capim-corrente e das características químicas e físicas do solo. O gráfico de carga (a) refere-se ao autovetor de cada variável. O gráfico de pontuação (b) refere-se às médias, agrupadas por híbrido e adubação. Para todos os nomes completos das variáveis, consultar a seção Métodos.

4. Discussão

4.1. Dados Agronômicos do milho

Na tabela 2, de um modo geral as plantas apresentaram tamanho reduzido, isso pode ter ocorrido devido ao déficit hídrico sofrido durante o período vegetativo (figura 1), uma vez que a cultura requer de 400 a 700 mm de suprimento hídrico (Quintas, 2022). Desta forma, em locais com baixas precipitações e com má distribuição, como observado durante o estudo, as plantas podem diminuir o tecido fotossintetizante e transpirante, decrescendo o investimento em crescimento e arquitetura da parte aérea e do sistema radicular (Halli *et al.*, 2021; Pipatsitee *et al.*, 2022).

O NF encontra-se abaixo daqueles preconizados pela literatura (Xu *et al.*, 2023), que encontraram número médio de 18,39 folhas no milho, em boas condições hídricas. Neste estudo a baixa disponibilidade hídrica, principalmente na fase vegetativa (figura 1) resultou em plantas com menor número de folhas e consequentemente menor desempenho produtivo, visto que as folhas são o principal órgão fotossintetizante (Zhang *et al.*, 2019).

O DC apresentou diferença em função dos híbridos e dos manejos de adubação (tabela 4), estes resultados estão em concordância com os de Andrade *et al.* (2023), que verificaram efeito positivo no diâmetro do colmo de plantas de milho submetidas a diferentes manejos de adubação química. Quanto às características genéticas, híbridos de milho que apresentam maior DC possuem maior estabilidade de produção em diferentes ambientes, com menor quebra de colmo e acamamento e maior eficiência no uso de nutrientes (Santos, 2020). Já híbridos com menor DC possuem maior suscetibilidade ao acamamento, menor acúmulo de fotoassimilados e baixo potencial produtivo (Silva *et al.*, 2021).

O híbrido que se destacou na produtividade foi o B2433PWU, com 2679,00 kg ha⁻¹ de grãos, enquanto a menor foi do híbrido B2620PWU que obteve rendimento de 1881,00 kg ha⁻¹ de grãos, adubado com FCV4. Mesmo nos tratamentos SEM os híbridos apresentaram PG/E satisfatórias (tabela 3), os resíduos da cultura do sorgo presentes na área podem ter contribuído para a fertilidade do solo e incremento na produtividade, mesmo nos tratamentos sem a adição da adubação química. Em seus estudos, Rossi *et al.* (2013) investigaram como a decomposição e a liberação de N, P

e K ocorrem em resíduos culturais de sorgo e braquiária, os autores identificaram que o potássio (K) é liberado rapidamente, pois não depende da mineralização. O P pode se decompor de maneira rápida devido ao seu estado solúvel em água, por estar presente nos vacúolos das células vegetais (Buchanan e King, 1993). Além desses, outros nutrientes foram liberados à medida que os resíduos culturais se decompõem e podem ter atendido parcialmente às necessidades nutricionais das plantas (Maluf *et al.*, 2015).

Em função das condições climáticas do local do estudo (figura 1), com baixos índices pluviométricos e altas temperaturas, os valores de IC se apresentaram baixos, pois, de acordo com Bernardon (2005), este parâmetro varia entre 0,3 e 0,5%, e para que a lavoura seja considerada de alta produtividade estes valores devem estar acima de 0,4%.

4.2. Produção e características bromatológicas da forragem

A BM teve maior produção nos tratamentos com adubação de FCV4, ao passo que a menor produção foi referente a adubação SOF que representa uma redução de mais de 68% em produção quando comparada a produtividade mais elevada (tabela 4). A adubação química tem gerado incremento na produtividade da cultura do milho em torno de 245% nos últimos 39 anos, justificando o aumento no número de estudos relacionados a novos materiais genéticos e a nutrição da cultura no Brasil (Souza *et al.*, 2018).

De um modo geral, o capim produziu mais biomassa e massa seca do que os híbridos de milho, devido principalmente a sua precocidade e adaptabilidade as regiões semiáridas e sua capacidade de se desenvolver com restrição hídrica severas. De acordo com Oliveira *et al.* (2016) a produção de capim corrente varia em condições de sequeiro de 1.961,4 para 4.350,4 t ha⁻¹ na irrigada, subestimando os resultados encontrados neste estudo (até 11,87 t ha⁻¹).

O incremento dos tratamentos nas características bromatológicas do capim (tabela 5), pode ter ocorrido devido estas características serem influenciadas por outros nutrientes como Mg e Ca e os demais presentes no solo, não apenas pelos estudados (N, P, K), além da má distribuição das chuvas durante o ciclo (Figura 1) e do manejo.

A FDA quantifica os componentes da parede celular vegetal (celulose, hemicelulose e lignina) que podem ser elevados sob estresse hídrico, ocorrendo o aumento dos constituintes fibrosos e consequentemente a quantidade de FDA (Costa *et al.*, 2021). No presente estudo, todas as médias das interações (tabela 5) apresentaram valores menores que 50%, que podem ser consideradas com boa digestibilidade (Branco *et al.*, 2006).

Quanto a PT(c) e o nitrogênio total NT(c), os tratamentos FCV4 e FCNP, apresentaram por vezes valores superiores aos com adubação SEM e SOF, isso evidencia que a matéria orgânica do sorgo semeado anteriormente foi responsável pela ciclagem, incremento de matéria orgânica no solo e suprimento da necessidade de nitrogênio da pastagem de capim corrente, pois como observado por Teixeira *et al.* (2012) o sorgo pode disponibilizar de 50 a 180 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

As adubações tiveram efeito no teor de EE(c), que reflete o teor de lipídios na planta, segundo Mesquita *et al.* (2014) as pastagens geralmente apresentam valores abaixo de 3% de EE, demonstrando divergência dos resultados obtidos neste estudo, onde encontramos médias de até 5,07% no tratamento de B2782PWU * SOF. Abaixo da faixa ótima considerada por (Oliveira *et al.*, 2023)

Apenas o híbrido B2433PWU apresentou redução na PT comparado aos demais. A média de PB(m) dos híbridos B2433PWU e B2620PWU foram consideradas baixas, quando comparada aos valores encontrados por Oliveira *et al.* (2010) que avaliando quatro híbridos de milho obtiveram médias de 8,4%. Contudo, está dentro da faixa ótima, entre 7,2 e 8,8% (Oliveira *et al.*, 2023).

Os baixos níveis totais de EE, podem ter sido influenciados por fatores ambientais e genéticos, além de possíveis perdas de lipídios devido ao processamento e oxidação (Dongmo *et al.*, 2020). O ácido graxo linolênico, presente no EE, faz com que o óleo de milho seja particularmente relevante na dieta, devido ao seu papel na prevenção de doenças cardiovasculares e no controle do colesterol (Tighe *et al.*, 2010).

4.3. Características físicas do solo

Os maiores valores de (DS) foram observados na camada de 10-20 cm, enquanto os menores valores foram apresentados na camada de 0-10 cm,

concordando com os achados de Silveira *et al.* (2008), que enfatizaram que a DS em sistema de plantio direto pode ser reduzida nas camadas superficiais, devido ao aumento do teor de matéria orgânica na camada superficial do solo. A presença de raízes pode produzir exsudatos orgânicos que aumentam a atividade microbiota e a estabilidade do solo, incrementando porosidade e diminuindo a DS (Dhaliwal e Kumar, 2022)

A (RP) do solo se apresentou dentro da faixa ideal na camada 0-10 cm, ao passo que na camada de 10 - 20 cm apenas o tratamento B2620PWU adubado com FCV4 se apresentou abaixo do limite crítico de 3500 kPa, conforme (Betoli Júnior *et al.*, 2012). Os valores elevados de RP podem estar relacionados a baixa umidade do solo, pois a umidade é um fator que impacta a RP. Além disso, a menor RP na camada de 0-10 cm pode estar relacionada à palhada na superfície do solo que contribui com desenvolvimento do sistema radicular das culturas e consequentemente com a descompactação do solo (Medeiros, 2019).

4.4. Características químicas do solo

A CTC do solo variou em função dos híbridos, com maior média no tratamento B2620PWU * SOF (tabela 5), esta variável é influenciada por parâmetros como pH, textura e quantidade de matéria orgânica presente no solo. A matéria orgânica do solo contém diversos grupos funcionais, incluindo os grupos carboxílicos e fenólicos, os quais têm a capacidade de liberar íons de hidrogênio que contribuem para a capacidade de troca de cátions do solo CTC (Martins *et al.*, 2011).

Houve variação no teor de fósforo com relação aos tratamentos, isso pode ser justificado pela grande demanda do milho pelo fósforo (Stieven *et al.*, 2018) e pela extração e exportação da cultura forrageira. Contudo, os autores relatam que o acúmulo de P é fortemente favorecido em sistemas de conservação com o mínimo de perturbação do solo com o sistema de plantio direto (Rodrigues *et al.*, 2021).

Os teores de K das parcelas do híbrido B2433PWU apresentaram aumento com relação ao teor inicial e aos demais tratamentos (tabela 1 e 5), esse aumento pode ter ocorrido em função da ciclagem de nutriente feita pela cultura do sorgo, que contribuiu para o aumento desse elemento no solo, e favoreceu sua ciclagem (Assmann *et al.*, 2017; Alves *et al.*, 2019). Pois, gramíneas absorvem melhor K em

relação a outros vegetais e consequentemente conseguem disponibiliza-lo para cultura posterior (Costa *et al.*, 2015). Além disso, o K é um elemento que apresenta pouca interação com os colóides do solo (Zolin *et al.*, 2021), o que facilita sua rápida disponibilidade do solo para a cultura subsequente. De modo geral houve variação do pH e do teor de Ca (tabela 5), comparado aos valores iniciais (tabela 1), isso mostra a importância de manejos visando a sustentabilidade do agroecossistema, pois é sabido que o pH controla a disponibilidade dos nutrientes do solo para as culturas, e por consequência afeta a produção de grãos e biomassa (Wang *et al.*, 2012).

4.5. Inter-relações entre as variáveis estudadas

A figura 2 representa a análise dos componentes principais das variáveis agronômicas do milho, das características bromatológicas do milho e do capim e dos parâmetros físicos e químicos do solo. Desta forma, a análise mostrou que as variáveis que tiveram correlação positiva e que estão presentes no CP1 são: AP, NF, DC, AIDE, BC, BM, MSC, MST, BT, MM (m), NT (m), PT (m), EE (m), NT (c), PT (c), Ca, K, H, M. O., S e CTC., ao passo que se correlacionam negativamente com a V, pH e FDN. O PC2 é composto pelas variáveis NE/P, PECP, PESP, PG/E, Prod, IC, MSM e ENN (m) que se correlacionam positivamente entre si e negativamente com o EE(c).

Esse comportamento das variáveis presentes no PC1 ocorre em função da MST ser um reflexo direto da BT das plantas, pois a biomassa, que inclui folhas, caules e raízes, está diretamente relacionada ao crescimento das plantas e consequentemente às variáveis agronômicas e bromatológicas estudadas (Hoffmann, 2016). Quanto maior a biomassa, maior a capacidade de acumulação de carbono e nutrientes, resultando em maior produção de matéria seca. A correlação positiva da MST com o EE, mostrou que plantas com maior teor de extrato etéreo tendem a ter melhor desenvolvimento e produtividade, resultando em maior produção de matéria seca. Assim, os teores de EE das plantas estão associados à eficiência fotossintética e à resistência a estresses ambientais (Perez, 2012). Além disso, a correlação negativa entre as variáveis que compõem o PC1 (V, pH e FDN) mostra que ao passo em que estes parâmetros aumentam seus valores, os demais diminuem e vice-versa.

5. Conclusões

O híbrido B2433PWU associado ao manejo de adubação de fundação e cobertura em estádio V4 (FCV4) apresentou melhor desempenho agrônômico.

A depender do híbrido de milho utilizado, pode-se reduzir a adubação sem redução significativa na produtividade de grãos.

A produção de massa seca do milho e do capim-corrente apresentou resposta positiva ao manejo de adubação em ambiente semiárido.

As características químicas e físicas do solo melhoram de forma específica a curto prazo, em função dos diferentes manejos de adubação em sistema de plantio direto.

6. Referências

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., & de Moraes Gonçalves, J. L. (2013). Modeling monthly mean air temperature for Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, 113(3–4), 407–427. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0796-6>
- Alves, L. A., Denardin, L. G. de O., Martins, A. P., Anghinoni, I., Carvalho, P. C. de F., & Tiecher, T. (2019). Soil acidification and P, K, Ca and Mg budget as affected by sheep grazing and crop rotation in a long-term integrated crop-livestock system in southern Brazil. *Geoderma*, 351, 197–208. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.04.036>
- Andrade, M. F., Siqueira, T. da S., Melo, D. D. B., de Moura, M. B. M., de Sousa, M. J. P., Nogueira, N. I. de B. S., Guimarães, J. da S., de Andrade, L. R. F., Andrade, M. M. F., & Simplicio, J. B. (2023). PRODUTIVIDADE DO MILHO PARA SILAGEM SOB DIFERENTES FORMAS DE ADUBAÇÃO. In *ESTUDOS EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS NO BRASIL: PRODUÇÕES MULTIDISCIPLINARES NO SÉCULO XXI* (pp. 304–313). Instituto Scientia. <https://doi.org/10.55232/1087003.24>
- AOAC- Association of Official Analytical Chemists. (1990). *Official Methods of Analysis*. (OAO, Ed.; 15th ed., Vol. 1).
- Araujo, A. V. de, Brandão Junior, D. da S., Ferreira, I. C. P. V., Costa, C. A. da, & Porto, B. B. A. (2013). Desempenho agrônômico de variedades crioulas e híbridos de milho cultivados em diferentes sistemas de manejo. *Revista Ciência Agronômica*, 44(4), 885–892. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000400027>
- Assmann, J. M., Martins, A. P., Anghinoni, I., de Oliveira Denardin, L. G., de Holanda Nichel, G., de Andrade Costa, S. E. V. G., Pereira e Silva, R. A., Balerini, F., de Faccio Carvalho, P. C., & Franzluebbers, A. J. (2017). Phosphorus and potassium cycling in a long-term no-till integrated soybean-beef cattle production system under

different grazing intensities insubtropics. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 108(1), 21–33. <https://doi.org/10.1007/s10705-016-9818-6>

Azad, A., Ul, M., Chesti, H., Shafi, S., & Qayoom, S. (2022). *Effect of different sowing dates and nitrogen levels on the nitrogen content and uptake of maize under temperate conditions of Kashmir*. <https://www.researchgate.net/publication/382490018>

Teixeira, M. B., Loss, A., Gervasio Pereira, M., & Pimentel, C. (2012). Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. *Idesia (Arica)*, 30(1), 55–64. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292012000100007>

Bernardon, T. (2005). *Componentes da produtividade de grãos de milho (Zea mays L.), visando obter parâmetros para a agricultura de precisão*. Universidade Federal de Santa Maria.

Betioli Júnior, E., Moreira, W. H., Tormena, C. A., Ferreira, C. J. B., Silva, Á. P. da, & Giarola, N. F. B. (2012). Intervalo hídrico ótimo e grau de compactação de um latossolo vermelho após 30 anos sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 36(3), 971–982. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000300027>

Beutler, A. N., Fonseca, D. A. R., Fulaneti, F. S., Brandli, L. W., Zimmermann, P., & Scheffer, N. M. (2024). Quantidade de palha de azevém na superfície do solo e produtividade de soja em plantio direto sob integração lavoura pecuária. *OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA*, 22(1), 01–15. <https://doi.org/10.55905/oelv22n1-001>

Branco, A. F., Coneglian, S. M., Maia, F. J., & Guimarães, K. C. (2006). Digestibilidade intestinal verdadeira da proteína de alimentos para ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(4 suppl), 1788–1795. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000600029>

Brito, A. R. M.; Tabosa, J. N., Carvalho, H. W. L., Santos, M. X., Tavares, J. A. Dias, F. M., Nascimento, M. M. A., Tavares Filho, J. J. & Souza, E. M. (2005). Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Estado de Pernambuco. *Revista Ciência Agronômica*, 36, 1–7.

Buchanan, M., & King, L. D. (1993). Carbon and Phosphorus Losses from Decomposing Crop Residues in No-Till and Conventional Till Agroecosystems. *Agronomy Journal*, 85(3), 631–638. <https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500030021x>

Cassiano Spaziani Pereira, Victor Hugo Zanetti, Gabriel Wiest, Mateus Emanuel Schoffen, & Ivan Vilela Andrade Fiorini. (2020). DESEMPENHO PRODUTIVO DE HÍBRIDOS DE MILHO NA SEGUNDA SAFRA NO NORTE DE MATO GROSSO. *TECNO-LÓGICA*, 24, 160–165.

Cavaliere-Polizeli, K. M. V., Marcolino, F. C., Tormena, C. A., Keller, T., & Moraes, A. de. (2022). Soil Structural Quality and Relationships With Root Properties in Single and Integrated Farming Systems. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.901302>

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. (2023). CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Quinto levantamento. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>, 5.

Costa, N. R., Andreotti, M., Bergamaschine, A. F., Lopes, K. S. M., & Lima, A. E. da S. (2015). Custo da produção de silagens em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Revista Ceres*, 62(1), 9–19. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562010002>

Costa, S. B. de M., de Mello, A. C. L., Dubeux, J. C. B., Ferreira dos Santos, M. V., da Cunha, M. V., & Coelho, J. J. (2021). Proportion and digestibility of tree legumes in diets of grazing cattle in a tropical silvopastoral system. *Livestock Science*, 252, 104689. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104689>

Dabija, A., Ciocan, M. E., Chetrariu, A., & Codină, G. G. (2021). Maize and Sorghum as Raw Materials for Brewing, a Review. *Applied Sciences*, 11(7), 3139. <https://doi.org/10.3390/app11073139>

Bonetti, J. A., Anghinoni, I., de Moraes, M. T., & Fink, J. R. (2017). Resilience of soils with different texture, mineralogy and organic matter under long-term conservation systems. *Soil and Tillage Research*, 174, 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.06.008>

De Souza, A. E., Dos Reis, J. G. M., Raymundo, J. C., & Pinto, R. S. (2018). ESTUDO DA PRODUÇÃO DO MILHO NO BRASIL. *South American Development Society Journal*, 4(11), 182. <https://doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v4i11p182-194>

Dhaliwal, J. K., & Kumar, S. (2022). 3D-visualization and quantification of soil porous structure using X-ray micro-tomography scanning under native pasture and crop-livestock systems. *Soil and Tillage Research*, 218, 105305. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105305>

Dongmo, H., Tambo, S. T., Teboukeu, G. B., Mboukap, A. N., Fotso, B. S., Tekam Djuidje, M. C., & Klang, J. M. (2020). Effect of process and variety on physico-chemical and rheological properties of two corn flour varieties (Atp and Kassai). *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100075. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100075>

Rodrigues, R. J. C., G. S., de Barros, I., Ribeiro Rodrigues, R. de A., Garrett, R. D., Valentim, J. F., Kamoj, M. Y. T., Michetti, M., Wruck, F. J., Rodrigues-Filho, S., Pimentel, P. E. O., & Smukler, S. (2021). Integrated crop-livestock systems: A sustainable land-use alternative for food production in the Brazilian Cerrado and

Amazon. *Journal of Cleaner Production*, 283, 124580.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124580>

FEBRAPDP –Federação Brasil fazer Sistema Plantio Direto. (2022). Evolução da área solucionar plantio direto Não Brasil. *Federação Brasil Fazer Sistema Plantio Direto*.
<https://febrapdp.org.br/download/14588evolução-Pd-Não-bbrazil-2021-jpg.jpg>

Ferreira, C. J. B., Tormena, C. A., Severiano, E. D. C., Zotarelli, L., & Betioli Júnior, E. (2021). Soil compaction influences soil physical quality and soybean yield under long-term no-tillage. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67(3), 383–396.
<https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1733535>

Gazzoni, D. L. (2017). Como alimentar 10 bilhões de cidadãos na década de 2050? *Ciência e Cultura*, 69(4), 33–38. <https://doi.org/10.21800/2317-66602017000400012>

Halli, H. M., Angadi, S., Kumar, A., Govindasamy, P., Madar, R., Baskar V, D. C., Elansary, H. O., Tamam, N., Abdelbacki, A. M. M., & Abdelmohsen, S. A. M. (2021). Assessment of Planting Method and Deficit Irrigation Impacts on Physio-Morphology, Grain Yield and Water Use Efficiency of Maize (*Zea mays* L.) on Vertisols of Semi-Arid Tropics. *Plants*, 10(6), 1094. <https://doi.org/10.3390/plants10061094>

Hoffmann, W. A. et al. (2016). Ecological Indicators of Plant Growth and Development. *Ecological Applications*, 26, 1522–1530.

Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and psychological measurement*, 20(1), 141-151.

Lamichhane, S., Eğilmez, G., Gedik, R., Bhutta, M. K. S., & Erenay, B. (2021). Benchmarking OECD countries' sustainable development performance: A goal-specific principal component analysis approach. *Journal of Cleaner Production*, 287, 125040.

Maluf, H. J. G. M., Soares, E. M. B., Silva, I. R. da, Neves, J. C. L., & Silva, L. de O. G. (2015). DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DE CULTURAS E MINERALIZAÇÃO DE NUTRIENTES EM SOLO COM DIFERENTES TEXTURAS. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 39(6), 1681–1689. <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20140657>

Maritins, C. A. S., Nogueira, N. O., Ribeiro, P. H., Rigo, M. R., & Candido, A. O. (2011). A dinâmica de metais-traço no solo. *Revista Brasileira de Agrociência*.

Medeiros, J. L. F. (2019). *Manejo da vegetação de cobertura, quantificação da fitomassa e variabilidade da resistência do solo em plantio direto irrigado no semiárido potiguar*. Universidade Federal Rural do Semiárido.

Mesquita, F. R., Lima, M. O., Araújo, J. M., Ribeiro, O. A. S., & Craveiro, R. L. (2014). COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE FRUTOS TÍPICOS DA REGIÃO DO VALE DO JURUÁ-AMAZÔNIA OCIDENTAL. *Enciclopédia Biosfera*, 10.

Momesso, L., Crusciol, C. A. C., Cantarella, H., Tanaka, K. S., Kowalchuk, G. A., & Kuramae, E. E. (2022). Optimizing cover crop and fertilizer timing for high maize yield and nitrogen cycle control. *Geoderma*, 405, 115423. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115423>

Mottin, M. C., Seidel, E. P., Ribeiro, L. L. O., Pan, R., Fey, E., & Rosset, J. S. (2022). Efeito do cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura na produção de massa seca e nas propriedades físicas do solo. *Conjecturas*, 22(9), 70–91. <https://doi.org/10.53660/CONJ-1422-AG13>

Nascimento Júnior, L. F. do, Torino, A. B., Silva, L. M. da, Costa, K. A. de P., Bilego, U. O., Menezes, C. C. E. de, & Severiano, E. da C. (2023). Modeling and quantification of soil compaction promoted by animal trampling in an integrated crop–livestock system. *Semina: Ciências Agrárias*, 44(3), 1179–1196. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2023v44n3p1179>

Oliveira, L. B. de, Pires, A. J. V., Viana, A. E. S., Matsumoto, S. N., Carvalho, G. G. P. de, & Ribeiro, L. S. O. (2010). Produtividade, composição química e características agrônômicas de diferentes forrageiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(12), 2604–2610. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001200007>

Oliveira, V. S., Santana, J. C. S., da Silva Moraes, J. A., Santos, C. B., & Lima, I. G. S. (2016). Capacidade de suporte, produção e composição do dossel forrageiro de três gramíneas irrigadas ou não no período seco. *Veterinária e Zootecnia*, 23(1), 88–92.

PAULINO MOTTER, & HERLON GOELZER DE ALMEIDA. (2015). Plantio direto: a tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira. *Foz Do Iguaçu: Parque Itaipu*, 114.

Paulo César Teixeiras, Guilherme Kangussu Donagemma, Ademir Fontana, & Wenceslau Geraldes Teixeira. (2017). *Manual de Métodos de Análise de Solo* (3rd ed., Vol. 1). EMBRAPA.

Perez, L. (2012). The Role of lipids in plant responses to Environmental stress. *Journal of Plant Physiology*, 99–108.

Peterson, C. A., Bell, L. W., Carvalho, P. C. de F., & Gaudin, A. C. M. (2020). Resilience of an Integrated Crop–Livestock System to Climate Change: A Simulation Analysis of Cover Crop Grazing in Southern Brazil. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.604099>

Pipatsitee, P., Theerawitaya, C., Tiasarum, R., Samphumphuang, T., Singh, H. P., Datta, A., & Cha-um, S. (2022). Physio-morphological traits and osmoregulation strategies of hybrid maize (*Zea mays*) at the seedling stage in response to water-deficit stress. *Protoplasma*, 259(4), 869–883. <https://doi.org/10.1007/s00709-021-01707-0>

Quintas, L. J. (2022). Necessidade hídrica para o desenvolvimento da cultura do milho em diferentes etapas do seu crescimento. *BRAZILIAN APPLIED SCIENCE REVIEW*, 6(4), 1395–1401. <https://doi.org/10.34115/basrv6n4-013>

Rathore, S. S., Babu, S., Shekhawat, K., Singh, R., Yadav, S. K., Singh, V. K., & Singh, C. (2022). Designing energy cum carbon-efficient environmentally clean production system for achieving green economy in agriculture. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52, 102190. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102190>

Rangel, M. A. S., Fey, E., NEUBERT, E. D. O., Fidalski, J., Emerson Fey, U., Enilto De Oliveira Neubert, E., & Jonez Fidalski, I. (2018). Plantio direto de mandioca aspectos do manejo.

Resende, A. V., Coelho, A. M., Santos, F. C. & Jesus, J. J. (2012). Fertilidade do Solo e Manejo da Adubação NPK para Alta Produtividade de Milho no Brasil Central. *Sete Lagoas: EMBRAPA*, 1, 1–12.

Rossi, C. Q., Pereira, M. G., Giácomo, S. G., Betta, M., & Polidoro, J. C. (2013). Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de plantio direto no cerrado goiano. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(4). <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n4p1523>

RStudio. (2021). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. RStudio. [Http://www.Rstudio.com](http://www.Rstudio.com).

Santos, M. S. (2020). Desempenho de híbridos de milho em diferentes ambientes de produção. *Revista Ceres*, 67, 389–396.

Shaheb, M. R., Venkatesh, R., & Shearer, S. A. (2021). A Review on the Effect of Soil Compaction and its Management for Sustainable Crop Production. *Journal of Biosystems Engineering*, 46(4), 417–439. <https://doi.org/10.1007/s42853-021-00117-7>

Silva, D. J., & Queiroz, A. C. (2009). *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos* (Viçosa: UFV, Ed.; 3rd ed.).

Silva, J. F. G., Linhares, A. J. de S., Gonçalves, W. G., Costa, K. A. de P., Tormena, C. A., Silva, B. M., Oliveira, G. C. de, & Severiano, E. da C. (2021). Are the yield of sunflower and Paiaguas palisadegrass biomass influenced by soil physical quality? *Soil and Tillage Research*, 208, 104873. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104873>

Silveira, P. M. da, Stone, L. F., Alves Júnior, J., & Silva, J. G. da. (2008). Efeitos do manejo do solo sob plantio direto e de culturas na densidade e porosidade de um latossolo. [Http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/217370](http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/217370), 24.

Stieven, A. C., Campos, D. T. S., Santos, J. O., Oliveiro, D. A., & Wruck, F. J. (2018). Atributos Químicos do Solo em Sistemas Integrados. *Scientia Amazonia Integrados*, 7(1).

Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., & Teixeira, W. G. (2017). Manual de métodos de análise de solo.

Tighe, P., Duthie, G., Vaughan, N., Brittenden, J., Simpson, W. G., Duthie, S., Mutch, W., Wahle, K., Horgan, G., & Thies, F. (2010). Effect of increased consumption of whole-grain foods on blood pressure and other cardiovascular risk markers in healthy middle-aged persons: a randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 92(4), 733–740. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.29417>

Vizioli, B., Cavalieri-Polizeli, K. M. V., Tormena, C. A., & Barth, G. (2021). Effects of long-term tillage systems on soil physical quality and crop yield in a Brazilian Ferralsol. *Soil and Tillage Research*, 209, 104935. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.104935>

Wang, Y., Zhang, F., & Marschner, P. (2012). Soil pH is the main factor influencing growth and rhizosphere properties of wheat following different pre-crops. *Plant and Soil*, 360(1–2), 271–286. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1236-1>

Xu, H., Ming, B., Wang, K., Xue, J., Hou, P., Li, S., & Xie, R. (2023). Quantitative analysis of maize leaf collar appearance rates. *Plant Physiology and Biochemistry*, 196, 454–462. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.01.016>

Zhang, Z., Christensen, M., Nan, Z., Whish, J. P. M., Bell, L. W., Wang, J., Wang, Z., & Sim, R. (2019). Plant development and solar radiation interception of four annual forage plants in response to sowing date in a semi-arid environment. *Industrial Crops and Products*, 131, 41–53. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.01.028>

ZOLIN, C. A., MATOS, E. da S., MAGALHÃES, C. A. de S., PAULINO, J., LAL, R., SPERA, S. T., & BEHLING, M. (2021). Short-term effect of a crop-livestock-forestry system on soil, water and nutrient loss in the Cerrado-Amazon ecotone. *Acta Amazonica*, 51(2), 102–112. <https://doi.org/10.1590/1809-4392202000391>

CAPÍTULO 2- Híbridos de milho sob épocas de semeadura e doses de nitrogênio em sistema de plantio direto no semiárido brasileiro

RESUMO

O semiárido brasileiro se caracteriza pela sazonalidade dos fatores climáticos, com anos extremamente secos, outros chuvosos e baixos índices pluviométricos. Isso têm tornado a produção agrícola um desafio, pois acertar o período com maior regularidade de chuvas para o semeio, bem como, encontrar materiais genéticos mais adaptados e eficientes no uso dos nutrientes é muito dificultoso, visto a carência de informações na literatura. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a produção de grãos e forragem de diferentes híbridos de milho cultivados em consórcio com capim - corrente, em função de diferentes doses de nitrogênio e épocas de semeadura em um sistema de plantio direto no semiárido brasileiro. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizado, em esquema de parcela subsubdividida, com 4 repetições, sendo alocados na parcela principal as 4 épocas de semeadura (1-04/03/2024; 2-11/03/2024; 3-18/03/2024 e 4-25/03/2024) e nas subparcelas os híbridos (1-BM 815 PRO3; 2- BM 930 PRO 3; 3-SHS 7939 PRO3; 4-SHS 8525PRO3; 5-B2856 VYHR; 6- B2612 PWU e 7- B2433 PWU). As subsubparcelas foram constituídas pelas 3 doses de nitrogênio (1-0; 2-50 e 3- 100 kg ha⁻¹). No estágio R2 (grão leitoso), aproximadamente 65 dias após a semeadura, foram medidas as variáveis altura de planta (AP, cm) e diâmetro do colmo (DC, mm) com uso de um paquímetro. Na maturidade fisiológica, foram obtidos o peso de grãos por espiga (PG/E, g), peso de 100 grãos (PCG, g), produtividade (Prod. kg ha⁻¹), a produção de forragem e as características bromatológicas do milho e do capim. Conclui-se que, a semeadura realizada no dia 11/03/2024, segunda época, favoreceu a produtividade de grãos dos híbridos de milho; as doses de nitrogênio acarretaram ganhos na produtividade de grãos e na produção de matéria seca total (milho + capim – corrente) independente da época de semeadura e que as épocas de semeadura não influenciaram significativamente na produção de matéria seca total (milho + capim – corrente).

Palavras chaves: *Zea mays*, adubação, manejo/época na semeadura, produtividade.

CHAPTER 2- Corn hybrids under sowing dates and nitrogen doses in a no-tillage system in the Brazilian semiarid region

ABSTRACT

The Brazilian semiarid region is characterized by seasonal climate factors, with extremely dry years, other rainy years and low rainfall. This has made agricultural production a challenge, since it is very difficult to determine the period with the most regular rainfall for sowing, as well as finding genetic materials that are more adapted and efficient in the use of nutrients, given the lack of information in the literature. In view of the above, the objective of this study was to evaluate the grain and forage production of different corn hybrids grown in intercropping with grass, as a function of different nitrogen doses and sowing times in a no-tillage system in the Brazilian semiarid region. The experimental design was a randomized block design, in a split-plot scheme, with 4 replications, with the 4 sowing dates allocated in the main plot (1-04/03/2024; 2-11/03/2024; 3-18/03/2024 and 4-25/03/2024) and the hybrids (1-BM 815 PRO3; 2- BM 930 PRO 3; 3-SHS 7939 PRO3; 4-SHS 8525PRO3; 5-B2856 VYHR; 6-B2612 PWU and 7- B2433 PWU) in the subplots. The subsubplots consisted of the 3 nitrogen rates (1-0; 2-50 and 3- 100 kg ha⁻¹). At the R2 stage (milky grain), approximately 65 days after sowing, the variables plant height (AP, cm) and stem diameter (DC, mm) were measured using a caliper. At physiological maturity, the grain weight per ear (PG/E, g), 100-grain weight (PCG, g), productivity (Prod. kg ha⁻¹), forage production and bromatological characteristics of corn and grass were obtained. It is concluded that the sowing carried out on 03/11/2024, the second season, favored the grain productivity of corn hybrids; nitrogen doses led to gains in grain productivity and total dry matter production (corn + grass - current) regardless of the sowing time and that the sowing times did not significantly influence the production of total dry matter (corn + grass - current).

Key words: *Zea mays*, fertilization, management/sowing time, productivity.

1 Introdução

O semiárido brasileiro se caracteriza pela sazonalidade dos fatores climáticos, com anos extremamente secos e outros chuvosos, com precipitação pluviométrica anual entre 200 e 800 mm, climas litorâneo úmido, tropical e tropical semiárido (Costa *et al.*, 2020). Contudo, a distribuição de chuvas ocorre normalmente de forma irregular no espaço e no tempo, o que torna a produção de milho uma atividade de risco, devido à sua exigência hídrica. Pois, para seu pleno desenvolvimento a cultura demanda de 400 a 600 mm de chuva, podendo chegar a 900 mm em áreas com baixa umidade relativa (Galon *et al.*, 2010).

Apesar disto, nestas regiões a cultura do milho é produzida majoritariamente em sistema de sequeiro e por pequenos e médios produtores, o que torna a produção extremamente dependente de bons índices pluviométricos e bem distribuídos durante o ciclo da cultura, para que se possa alcançar produtividades satisfatórias (Almeida *et al.*, 2019).

Diante do exposto, para dar subsídio a produtores na tomada de decisão o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), estabelece anualmente o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), uma ferramenta capaz de indicar o nível de risco de natureza climática para cada época de plantio em determinado local, com base em dados de temperatura, ciclo e fases fenológicas das culturas, capacidade de água disponível no solo, estimativa de duração do ciclo das culturas, chuvas na colheita e o tipo de solo para cada localidade (Gonçales e Wrege, 2020).

Atualmente, o cenário das mudanças climáticas, em especial relacionadas à estiagem, gera uma demanda crescente por materiais genéticos que possuam plasticidade fenotípica e variabilidade genética, como também, resistência a doenças e pragas, para manutenção da produtividade ao longo do tempo (Kogo *et al.*, 2021; Castilhos *et al.*; 2022).

Além das condições climáticas e das características dos materiais genéticos, outro fator primordial para atingir boas produtividades é o manejo de adubação. Desta forma, o nitrogênio é o nutriente que proporciona maiores incrementos relacionados ao rendimento e produtividade do milho (Mota *et al.*, 2015), por participar de diversos processos na planta, como ativador de enzimas que realizam processos vitais como fotossíntese, respiração, síntese de proteína, absorção iônica, multiplicação e

diferenciação celular e crescimento vegetativo, além disso, também participa das moléculas de aminoácidos e proteínas, influenciando no desenvolvimento e crescimento da planta, e consequentemente na produtividade (Okumura *et al.*, 2011).

Contudo, a disponibilidade dos nutrientes para a planta é afetada pela disponibilidade hídrica, que quando deficitária, acarreta redução na absorção e no metabolismo dos nutrientes, em especial, do nitrogênio (Chen *et al.*, 2019). Com consequência em outros elementos químicos, comprometendo o desenvolvimento e a produtividade das culturas, em especial o milho. Assim, é crucial a realização de estudos que visem obter estratégias que possibilitem um maior aproveitamento dos nutrientes e identifique a melhor época de semeadura com maior disponibilidade hídrica, bem como, materiais genéticos que tenham uma melhor resposta às condições edafoclimáticas com melhor aproveitamento do nitrogênio, para obtenção de maior produtividade.

Neste contexto, objetivou-se avaliar a produção de grãos e forragem de diferentes híbridos de milho cultivados em consórcio com capim corrente, em função de diferentes doses de nitrogênio e épocas de semeadura em um sistema de plantio direto no semiárido pernambucano.

2 Métodos

2.1 Área do estudo

O trabalho foi desenvolvido de janeiro a julho de 2024, em condições de campo no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), situado na Fazenda Saco no município de Serra Talhada-PE, sob as coordenadas geográficas 7° 57' 1,64''S e 38° 17' 36,4'' W, na microrregião do Sertão do Pajeú, Mesorregião do Sertão Pernambucano.

O clima do local é do tipo BSh, segundo a classificação de Köppen, caracterizado como semiárido quente e seco, com altitude de 481 m, temperatura do ar média anual superior a 25°C, radiação média global de 17,74 MJ m⁻², umidade relativa do ar média de 64,85% e precipitação pluvial média anual de 647 mm (Alvares *et al.*, 2013). Os dados climáticos durante o ciclo de desenvolvimento da cultura de fevereiro a julho de 2024 estão presentes na figura 1.

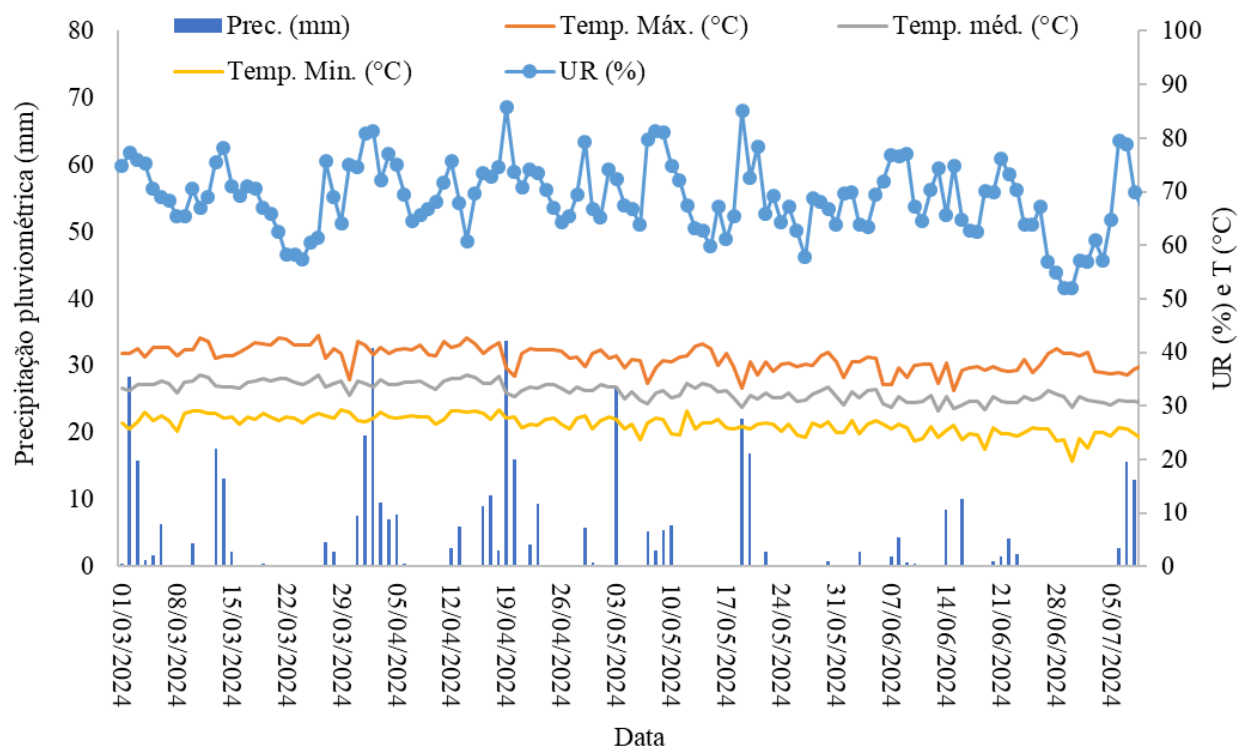


Figura 1. Condições meteorológicas no município de Serra Talhada-PE no período de realização do experimento. (Prec) Precipitação (mm dia^{-1}); (Temp máx) Temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$), (Temp méd) Temperatura média ($^{\circ}\text{C}$); (Temp min) Temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$) e (UR) umidade relativa do ar, durante o período experimental.

O solo da área experimental foi coletado previamente nas camadas de 0-20 e 20-40 cm e analisado quimicamente antes da instalação do experimento, para fins de caracterização (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas do solo utilizado no experimento, nas camadas 0-20 e de 20-40 cm.

Camadas	P	pH	Ca	Mg	Na	K	Al	H+Al	S	CEC	M. O.	V
(cm)	mg dm ⁻³	H ₂ O	-----cmolc dm ⁻³ -----								g kg ⁻¹	%
0-20	286,30	5,93	3,85	1,85	0,05	0,50	0,03	0,80	6,60	7,40	11,90	89,20
20-40	156,90	6,73	3,52	1,77	0,04	0,60	0,00	0,50	5,90	6,40	8,50	92,30

M. O.= matéria orgânica. Fonte: Laboratório de Análise de Solo do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA.

2.2 Designe e tratamentos experimentais

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizado, em esquema de parcela subsubdividida, com 4 repetições, sendo alocados na parcela principal as 4 épocas de semeadura (1- 04/03/2024; 2-11/03/2024; 3-18/03/2024 e 4-25/03/2024) e nas subparcelas os híbridos (1-BM815PRO3; 2- BM930PRO3; 3-SHS7939RO3; 4-SHS8525PRO3; 5-B2856VYHR; 6- B2612PWU e 7- B2433PWU). As subsubparcelas foram constituídas pelas 3 doses de nitrogênio (1-0; 2-50 e 3- 100 kg ha⁻¹). Cada parcela foi constituída por uma área de 380,8 m², as subparcelas foram constituídas por uma área de 54,4 m² e as subsubparcelas foram constituídas por uma área de 18 m².

Os híbridos utilizados na pesquisa possuem as respectivas biotecnologias para controle de pragas que comumente atacam lavouras de milho (PRO3= utiliza as proteínas (Cry1A.105, Cry2Ab2 e Cry3Bb1) para proteção da raiz do milho contra o ataque da *Diabrotica Speciosa* (larva alfinete), bem como tolerância a insetos da ordem lepidóptera e ao herbicida glifosato; VYHR= a tecnologia Leptra possui as proteínas (Cry1F, Cry1Ab e Vip3Aa20) que auxiliam na proteção contra as principais populações suscetíveis de lagartas que atacam a cultura do milho, como a lagarta-do-cartucho, a lagarta-elasma, a lagarta-do-trigo, a broca-do-colmo, a lagarta-das-vagens, a lagarta-da-espiga e a lagarta-rosca, aliada à tolerância aos herbicidas glufosinato de amônio e glifosato e PWU= a tecnologia PowerCore® Ultra possui quatro proteínas inseticidas (Cry1F, Cry1A.105, Cry2Ab2 e Vip3Aa20), que conferem

auxílio ao controle das populações suscetíveis dos principais lepidópteros que atacam a cultura do milho, aliada à tolerância aos herbicidas glufosinato de amônio e glifosato.

2.3 Procedimentos experimental

O preparo da área para o plantio direto foi realizado com dessecação do capim-corrente (*Urochloa mosambicensis* (Hanck), proveniente do banco de sementes do solo, para atuar como cultura de cobertura. A dessecação ocorreu com a aplicação de 3 L ha⁻¹ de glifosato + 1,5 L ha⁻¹ de 2,4-D com um pulverizador auto propelido com vazão de 200 L ha⁻¹ de calda. dez dias após a dessecação foi realizado o de forma manual o semeio dos híbridos na primeira época no dia 04/03/2024, da segunda época no dia 11/03/2024, da terceira época no dia 18/03/2024 e da quarta época no dia no dia 25/03/2024, respectivamente. As épocas foram estabelecidas com base no intervalo de plantio estabelecido pelo zoneamento agrícola de risco climático (ZARC) para a cidade de Serra Talhada, PE. A adubação de fundação foi com 80 kg ha⁻¹ de P e 60 kg ha⁻¹ K, fornecidos por superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

As doses de nitrogênio foram aplicadas na forma de ureia de acordo com cada tratamento, quando a cultura estava em estágio V4 (quatro folhas verdadeiras) aproximadamente 15 dias após a semeadura de cada época.

2.4 Coleta de dados

2.4.1. Dados agronômicos do milho

No estágio R2 (grão leitoso), aproximadamente 65 dias após a semeadura, foram medidas as variáveis altura de planta (AP, cm) e diâmetro do colmo (DC, mm) com uso de trena graduada e um paquímetro digital.

Na maturidade fisiológica (grão duro), foram colhidas, debulhadas e pesadas, espigas de 5 metros de linha de cada unidade experimental, para obtenção do peso de grãos por espiga (PG/E, g), peso de 100 grãos (PCG, g) e produtividade (Prod. kg ha⁻¹)

2.4.2. Produção e características bromatológicas da forragem

Para avaliação da produção de massa seca do capim (MSC), massa seca do milho (MSM) e massa seca total (MST, t ha⁻¹), foi coletada a biomassa total de cada

parcela com área útil de 5 m², depois de obtida a produção de biomassa total, retiraram-se subamostras de aproximadamente 250 g para serem utilizadas na determinação da produção de matéria seca, através da secagem em estufa com circulação forçada de ar entre 55-65 °C até as amostras atingirem peso constante.

Depois de secas as amostras do capim e das plantas de milho foram moídas e levadas para o laboratório, para determinação de matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), de acordo com a metodologia proposta por (Silva e Queiroz, 2009); fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e fibras totais (FT) de acordo com Van Soest (1994); nitrogênio total (NT), extrato não nitrogenado (ENN), segundo (AOAC- Association of Official Analytical Chemists, 1990).

2.5 Tratamento dos dados e análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância para verificar o efeito dos tratamentos sobre as variáveis estudadas. Em caso de significância, as médias dos tratamentos foram comparadas por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Posteriormente, foi aplicada a análise dos componentes principais (ACP) a fim de examinar as inter-relações entre as variáveis estudadas, os componentes principais (CPs) significativos foram selecionados de acordo com o critério de Kaiser (1960), considerando apenas autovalores superiores a 1,0 para a validade da aplicação da (ACP) (Lamichhane *et al.*, 2021). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R Studio (RStudio Team, 2021).

3.Resultados

3.1 Efeito isolado das doses de nitrogênio nas variáveis estudadas

Nos valores de AP, foi observado um efeito significativo das doses de nitrogênio de forma isolada ($p < 0,05$), assim, as doses que geraram uma maior altura foram as de 50 e 100 kg ha⁻¹ de N, com valores de médios de 188,78 e 183,25 cm, respectivamente. O tratamento testemunha (dose de 0 kg ha⁻¹ de N) apresentou os menores valores, diferindo estatisticamente das demais ($p < 0,05$) (tabela 2).

Para a variável DC, houve efeito significativos das doses de nitrogênio ($p < 0,05$), onde, as doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ de N apresentaram valores de 21,32 e 22,21 mm,

respectivamente, não diferindo entre si e se apresentando superiores a dose de 0 kg ha⁻¹ de N que gerou média de 19,46 mm.

A Prod. sofreu influência de forma isolada das doses de nitrogênio e dos híbridos ($p>0,05$), contudo, não houve efeito de interação entre os fatores estudados ($p>0,05$) (tabela 2). As doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ de N foram as que proporcionaram maiores produtividades, com valores médios de 4574,69 e 4302,15 kg ha⁻¹, respectivamente, diferindo da dose de 0 kg ha⁻¹ que acarretou em uma produtividade média de 3570,54 kg ha⁻¹ o que representa um decréscimo de 21,95 e 17% comparado às demais doses de N.

Os valores médios de produção de MS (c) foram influenciados pelas doses de nitrogênio e pelos híbridos de forma isolada ($p<0,05$), não havendo interação entre os fatores ($p>0,05$). A dose de nitrogênio de 100 kg ha⁻¹ proporcionou uma produção de 7,35 t ha⁻¹, diferindo estatisticamente das demais doses ($p<0,05$), que foram iguais entre si ($p>0,05$).

Tabela 2. Valores médios dos componentes agrônômicos do milho, produção de matéria seca e componentes bromatológicos do capim – corrente e do milho em função de diferentes doses de nitrogênio. Serra Talhada, PE. 2024.

Doses de N (kg ha ⁻¹)	Variáveis												
	AP	DC	PG/E	Prod.	MS (c)	MST (m+c)	NT (c)	PT (c)	EE (c)	EE (m)	MM (m)	NT (m)	PT (m)
50	188,78a	21,32ab	76,24a	4574,69a	5,10b	7,91b	1,24ab	7,77ab	2,31ab	1,20a	6,01ab	0,63a	3,95a
100	183,25ab	22,21a	71,70ab	4302,15ab	7,35a	9,95a	1,32a	8,31a	2,68a	1,09ab	5,73b	0,62a	3,87a
0	175,67b	19,46b	59,50b	3570,54b	4,68 b	7,35b	1,11b	6,98b	2,03b	0,89b	6,50a	0,49b	3,07b
Pr > F(Dose de N)	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
CV (%)	9,32	13,28	25,37	25,37	29,34	21,67	22,77	22,70	27,05	37,71	13,07	29,75	29,74

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Abreviações: AP= altura de planta (cm); DC= diâmetro do colmo (mm); PG/E= peso de grãos por espiga (g); Prod.= produtividade (kg ha⁻¹); MS (c)=massa seca do capim- corrente (t ha⁻¹); MST(m+c)= massa seca total do milho e do capim – corrente (t ha⁻¹); NT (c)= nitrogênio total do capim (%); PT (c)= proteína total do capim (%); EE (c)= extrato etéreo capim (%); EE(m)= extrato etéreo milho (%); MM(m)= material mineral milho (%); NN(m)= nitrogênio total milho (%); PT (m)= proteína total milho (%) e CV= coeficiente de variação.

3.2 Efeito isolado dos híbridos nas variáveis estudadas

A produção de MSM, apresentou diferença significativa para os híbridos ($p<0,05$), onde a maior produção foi o SHS7939PRO3 com produtividade de 3,28 t ha⁻¹ o que representa um acréscimo de 34,45% comparado ao híbrido BM815PRO3 que apresentou a menor produtividade (tabela 3).

Para a produção de MST (m+c) o híbrido que apresentou maior produtividade foi o B2612PWU com média de 10,3 t ha⁻¹, diferindo estatisticamente dos híbridos B2433PWU e SHS85125PRO3 ($p<0,05$). Sendo semelhante estatisticamente aos híbridos BM930PRO3 SHS7939PRO3 BM815PRO3 B2856VYHR ($p>0,05$).

As maiores produções de MS (c) foram dos híbridos B2612PWU e BM815PRO3 com médias de 7,97 e 6,65 t ha⁻¹, respectivamente. O que representa incremento de 55,83 e 47,06%, respectivamente, comparada a menor média obtida no híbrido B2433PWU.

Tabela 3. Valores médios dos componentes de rendimento de grãos, produção de matéria seca do capim – corrente e do milho em função dos diferentes híbridos de milho. Serra Talhada, PE. 2024.

Híbridos	Variáveis				
	PCG	MS (c)	MSM	MST (m+c)	MM (m)
BM930PRO3	27,70a	5,33bcd	3,01ab	8,34abc	6,06ab
SHS7939PRO3	22,62b	4,72cd	3,28a	8,00abc	5,78b
BM815PRO3	25,47ab	6,65abc	2,15b	8,80ab	5,55b
B2612PWU	26,83ab	7,97a	2,33b	10,30a	6,51ab
B2433PWU	24,00ab	3,52d	2,85ab	6,38c	7,04a
SHS85125PRO3	23,83ab	4,45d	2,66ab	7,12bc	5,89b
B2856VYHR	22,66ab	7,34ab	2,55ab	9,90a	5,72b
Pr > F(Híbrido)	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
CV (%)	14,38	29,34	27,05	21,67	13,05

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Abreviações: PCG= peso de cem grãos (g); MS (c)=massa seca do capim-corrente (t ha⁻¹); MSM= massa seca do milho (t ha⁻¹); MST(m+c)= massa seca total do milho e do capim – corrente (t ha⁻¹); MM(m)= material mineral milho (%) e CV= coeficiente de variação.

3.3 Efeito isolado das épocas de semeadura nas variáveis estudadas

A tabela 4 mostra os valores médios dos componentes agronômicos do milho, produção de matéria seca e componentes bromatológicos do capim – corrente e do

milho em função das diferentes épocas de semeadura, de um modo geral a semeadura no dia 11/03/25 gerou incrementos nas variáveis presentes na tabela 4.

A Prod. apresentou ganho significativo em função das épocas de semeadura, sendo a semeadura em 11/03/25 a que apresentou maior média 5142,20 t ha⁻¹ diferindo significativamente das demais, com incremento de 33,88% comparada a semeadura em 25/03/24, mostrando uma redução média de 124,43 kg de grãos por dia, em função do atraso da semeadura a partir do dia 11/03/25.

Os valores médios das características bromatológicas dos híbridos de milho, onde observamos que os teores de FT (m) e EE (m) foram influenciados de forma significativa pelas épocas de semeadura ($p<0,05$). Onde a semeadura no dia 25/03/2024 reduziu o teor de FT (m) em aproximadamente 27%, comparado às demais épocas de semeadura. Já o teor de EE(m) teve sua menor média na segunda época 11/03/2024, diferindo estatisticamente dos demais ($p<0,05$).

Tabela 4. Valores médios dos componentes agrônômicos do milho, produção de matéria seca e componentes bromatológicos do capim – corrente e do milho em função das diferentes épocas de semeadura. Serra Talhada, PE. 2024.

Épocas	Variáveis											
	AP	DC	PG/E	Prod.	FDA (c)	FDN (c)	FT (c)	FT (m)	EE (m)	FDA (m)	FDN (m)	ENN (m)
04/03/2024	178,57b	1,88b	69,35b	4161,10b	46,64b	74,22b	39,65b	42,50a	1,11ab	50,00a	81,12a	46,11b
18/03/2024	178,81b	2,16a	64,88b	3893,12b	48,16ab	76,52ab	40,93ab	42,47a	1,09ab	49,97a	79,55a	47,16b
25/03/2024	177,23b	2,11a b	56,66b	3400,08b	46,17b	75,32b	39,24b	30,59b	1,22a	35,99b	68,97b	58,49a
11/03/2024	195,66a	2,23a	85,70a	5142,20a	50,64a	80,72a	43,05a	42,22a	0,83b	49,67a	79,36a	47,68b
Pr > F(época)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
CV (%)	9,32	13,28	25,37	25,37	10,08	7,15	10,23	17,23	37,71	17,23	8,62	17,23

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Abreviações: AP= altura de planta (cm); DC= diâmetro do colmo (mm); Prod.= produtividade (kg ha⁻¹); FDA (c)= fibra em detergente ácido capim (%); FDN (c)= fibra em detergente neutro capim (%); FT (c)= fibra total capim (%); FT (m)= fibra total milho (%); EE(m)= extrato etéreo milho (%); FDA (m)= fibra em detergente ácido milho (%); FDN (m)= fibra em detergente neutro milho (%); ENN (m)= extrato não nitrogenado (%) e CV= coeficiente de variação.

3.4 Efeito da interação Híbridos * Doses de nitrogênio nas variáveis estudadas

Os valores médios de produção de MS (c) foram influenciados pelas doses de nitrogênio e pelos híbridos ($p<0,05$). A dose de nitrogênio de 50 kg ha⁻¹ associada ao

híbrido B2612PWU proporcionou uma produção de MS (c) de 9,23 t ha⁻¹, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos ($p < 0,05$). A produção de MSM apresentou médias de 1,84 a 3,87 t ha⁻¹ nos tratamentos B2612PWU*0 kg ha⁻¹ de N e SHS7939PRO3*50 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Mostrando que para a produção de massa seca de forma isolada dos híbridos e do capim, a dose de 50 kg ha⁻¹ de N gerou maior produtividade. Já a variável MST (m+c) teve maior produtividade no tratamento B2856PWU*100 kg ha⁻¹ de N com média de 11,89 t ha⁻¹, que representa um aumento de 53,70% com relação ao tratamento com menor produtividade, o B2433PWU*50 kg ha⁻¹ de N com produtividade de 5,51 t ha⁻¹ de MST (m+c).

Tabela 5. Valores médios de produção de matéria seca e componentes bromatológicos do capim – corrente em função da interação dos híbridos e das doses de nitrogênio. Serra Talhada, PE. 2024.

Interação Híbrido * Dose de N (kg h ⁻¹)	Variáveis			
	MS (c)	MSM	MST (m+c)	ENN (c)
BM930PRO3*100	7,41bcd	3,13ab	10,54abc	36,14ab
BM815PRO3*100	7,57abc	2,48ab	10,06abc	28,37b
SHS7939PRO3*50	4,12cdef	3,87a	7,99abc	36,18ab
B2612PWU*100	9,09ab	2,58ab	11,67ab	44,99a
B2856VYHR*50	6,01abcdef	2,91ab	8,93abc	39,45ab
B2433PWU*50	2,72ef	2,79ab	5,51c	33,17ab
SHS7939PRO3*100	6,51abcdef	2,73ab	9,24abc	38,78ab
BM815PRO3*50	5,26abcdef	1,92ab	7,18abc	37,36ab
BM930PRO3*50	3,88cdef	2,81ab	6,69bc	40,23ab
SHS7939PRO3*0	3,53cdef	3,23ab	6,76bc	36,80ab
B2612PWU*50	9,23a	2,59ab	11,83a	39,96ab
BM930PRO3*0	4,70bcdef	3,10ab	7,80abc	39,52ab
B2433PWU*100	5,43abcdef	2,45ab	7,88abc	37,54ab
B2856PWU*100	9,57a	2,31ab	11,89a	38,59ab
SHS8525PRO3*50	4,50cdef	2,76ab	7,27abc	40,44ab
SHS8525PRO3*100	5,90abcdef	2,48ab	8,38abc	36,40ab
B2612PWU*0	5,58abcdef	1,84b	7,42abc	37,17ab
B2433PWU*0	2,43f	3,32ab	5,75c	38,39ab
SHS8525PRO3*0	2,96def	2,73ab	5,70c	38,86ab
BM815PRO3*0	7,11abcde	2,05ab	9,16abc	41,16a
B2856VYHR*0	6,44abcdef	2,44ab	8,88abc	39,47ab
Pr > F(Híbrido*Dose de N)	0,02	0,04	0,02	0,02
CV (%)	29,34	27,05	21,67	12,38

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Abreviações: MS (c)= massa seca capim (t ha⁻¹); MSM= massa seca milho (t ha⁻¹); EE(c)= extrato etéreo capim (%); CV= coeficiente de variação.

3.5 Inter-relações entre as variáveis estudadas

Na figura 2 estão os resultados da análise de componentes principais entre as variáveis bromatológicas e de rendimento do milho e do capim - corrente em função dos diferentes híbridos de milho, doses de nitrogênio e épocas de semeadura. Os dois componentes principais (PC1 e PC2) foram suficientes para explicar 37,19% da variação entre os dados, sendo o PC1 responsável por explicar 22,14% e o PC2 responsável por 15,05%, respectivamente. Os autovalores de FT (m), FDA (m) e FDN (m) estão no primeiro componente principal e se correlacionam negativamente com

NT(m), PT (m) e ENN (m) que também estão no mesmo componente. O segundo componente é composto por NT (c), PT (c) e EE (c), que se correlacionam positivamente. A Prod. que apresentou correlação positiva com as variáveis PG/E, AP evidenciando que plantas com maior altura produziram espigas com maior peso de grãos.

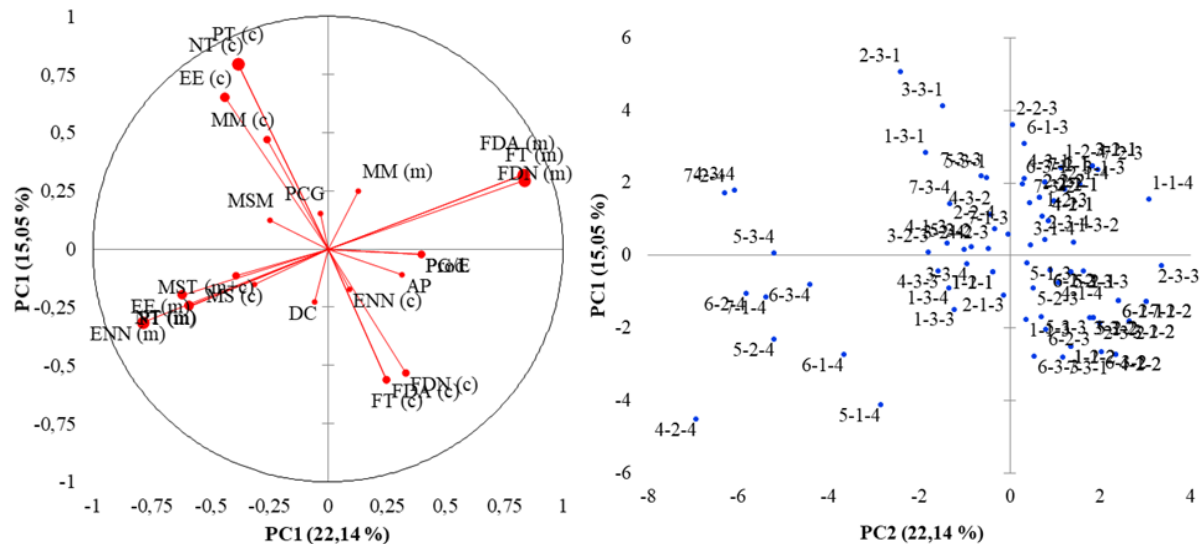


Figura 2. Gráficos do componente principal 1 versus componente principal 2, com base nas características agrônômicas e bromatológicas do milho, do capim-corrente. O gráfico de carga (a) refere-se ao autovetor de cada variável. O gráfico de pontuação (b) refere-se às médias, agrupadas por híbrido, doses de N e épocas de semeadura, sendo 1-1-1 = híbridos - doses de N - épocas. Para todos os nomes completos das variáveis, consultar a seção Métodos.

4 Discussão

4.1 Dados agrônômicos

Para a variável AP (tabela 2), os híbridos de milho responderam de forma estatisticamente semelhante, o que implica dizer que este parâmetro não é um fator limitado pelos distintos materiais genéticos utilizados, contudo, as doses de N de forma isolada geraram aumento significativo nesta variável. De acordo com Ali e Safdar (2021), a altura de planta não varia em função dos materiais genéticos utilizados, mas podem apresentar diferença apenas a partir de 325 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Entretanto, neste estudo, foi observado que doses acima de 50 kg ha⁻¹ gerou resposta positiva nas plantas de milho com incremento de aproximadamente 7% para as doses utilizadas comparadas com a ausência de nitrogênio.

Comportamento semelhante ocorre para a variável DC (tabela 2), haja vista a ausência de interação entre os fatores, entretanto, de forma isolada as doses de nitrogênio surtiram efeito positivo nesta variável, evidenciando a importância do manejo da adubação para o desenvolvimento das plantas, visto que o DC é um parâmetro muito importante para a composição bromatológica e estrutural da planta, como também é fundamental para determinar a digestibilidade, tanto da matéria seca como da parede celular, dos diferentes materiais genéticos de milho (Ferreira *et al.*, 2007). Além dos fatores estudados, as variações no diâmetro do colmo também podem estar relacionadas a outros nutrientes, como fósforo e potássio (Ivanyshyn; Khomina e Pantsyрева, 2021). Além disso, o diâmetro do colmo contribui para o suporte da planta, tornando-a mais resistente ao tombamento gerado pelas condições climáticas adversas e valores superiores desta variável favorecem o peso dos grãos, resultando em uma maior produtividade (Oligini *et al.*, 2019).

A diferença observada no PG/E (tabela 4), indica que as distintas épocas de semeadura influenciaram nos componentes de rendimento, em detrimento das variáveis biométricas. O que é observado também conforme o aumento crescente das doses de N (tabela 3), concordando com os resultados encontrados por (Ivanyshyn; Khomina e Pantsyрева, 2021; Mousave *et al.*, 2021).

Para a maioria dos materiais genéticos utilizados não houve diferença conforme as doses de nitrogênio para a variável peso de 100 grãos. Segundo Mousave *et al.*, (2021) o uso de fertilizante nitrogenado de forma isolada não consegue afetar positivamente o peso de 100 grãos, ainda que em grandes quantidades. As maiores médias são observadas nos híbridos BM930PRO3 seguido de B2612PWU, o que indica que a escolha do material genético ideal é um dos fatores limitantes para alcançar altos rendimentos.

Os resultados apresentados na (tabela 2), apontam a eficiência em utilizar doses moderadas de nitrogênio para potencializar a produtividade dos híbridos avaliados. Estes resultados contradizem com a literatura, em que é necessário em torno de 200 kg ha⁻¹ (Guo *et al.*, 2021) a 300 kg de N por hectare (Gheith *et al.*, 2022; Qin *et al.*, 2021) para atingir o máximo potencial produtivo de híbridos de milho. Isso implica dizer que as baixas produtividades de alguns materiais ao elevar o nível da

adubação nitrogenada, pode estar relacionada à interação com outros fatores, como as condições climáticas e manejo.

Os resultados apresentados na (tabela 4) apontam que ajustar a época de semeadura é um ponto crítico e determinante para maximização dos parâmetros produtivos e biométricos do milho, no semiárido pernambucano. A semeadura realizada na segunda época 11/03/24, apresenta forte destaque para as variáveis altura de planta, produção de grãos por espiga e produtividade, o que implica dizer que esta é uma excelente alternativa, estes resultados estão relacionados às condições climáticas durante o estudo (Figura 1) em que a segunda época apesar de menor índice pluviométrico que a primeira, apresentou uma melhor distribuição de chuva durante o ciclo da cultura. Outros fatores que também podem ter favorecido os resultados, como observado por Djaman *et al.*, (2022) foram a temperatura e a UR do ar, por serem limitantes para o crescimento do milho desde a emergência, isso pode limitar a produtividade devido aos efeitos gerados nos estágios críticos iniciais de desenvolvimento da cultura.

4.2 Produção e características bromatológicas da forragem

A produção de massa seca do capim foi maior quando associada ao material B2612PWU, o que indica que a associação com este híbrido foi favorável à maior produção de forragem (tabela 3). Quando associado ao híbrido BM815PRO3 a produção de massa seca do capim foi elevada mesmo sem a presença de fertilização nitrogenada, quando comparada aos demais materiais. No entanto, esta reduziu progressivamente conforme a adubação crescente, o que indica que o fertilizante pode ter sido melhor aproveitado pelo milho, gerando competição entre as culturas.

O bom desempenho médio do capim, mostra que este consórcio é indicado para produção de forragem, o que proporciona vantagens na ciclagem de nutrientes e produção animal subsequente. De acordo com Gazola *et al.*, (2024) o consórcio com capim x milho aumenta a otimização do uso de fertilizante nitrogenado ao passo que melhora as características do solo para a cultura posterior. Ainda segundo os autores, o milho solteiro, sem adubação, tende a produzir menos quando comparado a produção consorciada.

Os híbridos apresentaram diferença na produção de massa seca (tabela 3), apesar disso, neste estudo foram obtidos valores entre 2,15 a 3,28 t ha⁻¹ de massa seca. Estes resultados podem ser considerados baixos ao serem comparados com os obtidos por (Mattei *et al.*, 2024), que obteve médias de produção de massa seca de até 20 t ha⁻¹ em um sistema lavoura-pecuária no estado do Paraná, isso pode ser justificado ao observarmos a (Figura 1) onde os valores médios de precipitação durante o ciclo da cultura foram entre 305,8 e 395,4 mm o que pode ter afetado de forma negativa o potencial produtivo da cultura, visto que o milho tem um consumo médio de 600 mm durante o ciclo, podendo chegar a 10 mm dia⁻¹ em condições extremas (Landau *et al.*, 2021) como as do estudo (Figura 1), isso pode gerar uma redução na absorção dos nutrientes no solo e na fotossíntese, devido ao estresse hídrico, resultando em uma menor produção de matéria seca do milho (Lorenzetti *et al.*, 2023).

A produção de matéria seca total variou entre 5,51 e 11,89 t ha⁻¹, se destacando os híbridos B2612PWU, B2856PWU com produtividades de 11,83 e 11,89, respectivamente (Tabela 5). As doses de nitrogênio geraram incrementos na produção total de matéria seca, enfatizando o melhor aproveitamento dos nutrientes pelo consórcio milho capim mesmo em condições adversas de precipitação pluviométrica como as do estudo (Figura 1). Desta forma, em cultivos consorciados é de extrema importância o correto manejo de adubação, visto que as duas são altamente exigentes pelo elemento (Costa *et al.*, 2012). Comprovando a resposta superior de produção de massa seca, na dose de 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio, que mostrou incremento de produção de mais de 25% comparado a dose de 0 e 50 kg ha⁻¹ de N (tabela 2). Estes resultados corroboram com os encontrados por Xu *et al.* (2020) que observaram aumentos na produtividade do milho em função de maiores doses de nitrogênio e Wang, (2014) que observou na produtividade e no acúmulo de matéria seca no milho, em comparação com a não aplicação de N.

A ausência de significância das épocas de semeadura na produção de massa seca, ocorre em função da estabilidade da produção de forragem do milho e do capim - corrente, isso pode ser atribuído a boa adaptação do capim corrente às condições edafoclimáticas presentes na região. Segundo Tan e Yolcu (2021), novas estratégias devem ser buscadas para aumento da produção de forragem, devido aos impactos

das mudanças climáticas. Neste caso, o consórcio pode ter contribuído de forma positiva para a estabilidade, ainda que em semeadura tardia.

As características bromatológicas do capim - corrente (*Urochloa mosambicensis* (Hanck)) e dos híbridos de milho presentes na (tabela 2), mostram respostas às doses de nitrogênio nas variáveis MM(c), PT (c), NT(c), EE (c). O MM(c) teve redução em função das doses de nitrogênio, isso pode ter ocorrido em função de, quando em excesso o nitrogênio pode afetar negativamente a absorção de outros nutrientes (Ferreira *et al.*, 2021).

Os teores de NT(c) tiveram maior média na dose de 100 kg ha⁻¹ de N, evidenciando o efeito positivo do nitrogênio para essa na qualidade nutricional das forrageiras (Zhang *et al.*, 2022). A FDN(c) e o EE(c) apresentaram variações em função da adubação nitrogenada, como observado por Yuan *et al.* (2016) que realizaram estudos sobre o efeito da aplicação de N na qualidade nutricional do milho e observaram resultados semelhantes, onde o incremento de nitrogênio aumentou os teores de EE em plantas de milho.

Na (tabela 4) é possível observar que os teores de FDN(c) e FDA(c) foram superiores na época 11/03/2024, provavelmente devido às condições climáticas (Figura 1), os valores médios de FDA(c) A FDN(c) é o fator de maior importância para compreender as limitações quanto ao consumo de volumoso pelos animais (Amezquita; Viacava e Velazquez, 2020), isso pois teores acima de 55% influenciam negativamente o consumo de forragem (Manzani *et al.*, 2021). O que implica dizer que os valores encontrados neste estudo estão acima da margem preconizada pela literatura. O mesmo acontece para a FDA, que segundo Skamarokhova *et al.*, (2020), para o capim Xaraés deve estar em torno de 40%, pois acima deste leva ao baixo consumo pelos animais. Estes altos valores e a ausência de significância nos demais parâmetros podem estar relacionados a época de colheita, que pode ter sido tardia, por ser realizada concomitantemente a coleta do milho e por a FDA quantificar os componentes da parede celular vegetal: celulose, hemicelulose e lignina Godin *et al.* (2011) em condições de baixas precipitações como as deste estudo (Figura 1) a proporção de componentes da parede celular é elevada, ocorrendo o aumento dos constituintes fibrosos e consequentemente a quantidade de FDA (Costa *et al.*, 2021).

Os híbridos de milho não apresentaram diferença nos teores de NT(m) e PT (m), contudo as doses de nitrogênio geraram diferença nas duas variáveis (tabela 2). Embora não tenha sido verificada diferença estatística para a maioria das variáveis bromatológicas estudadas, os teores de PT estão próximos aos encontrados por (Buso *et al.*, 2018; Daniel *et al.*, 2019; Patzlaff *et al.*, 2020), além disso, essas características podem ser intrínsecas da planta (Garcez *et al.*, 2016).

As épocas de semeadura geraram diferença nos teores médios de ENN(m), FT(m) e EE(m) (tabela 4). Os teores de EE(m), apresentaram valores de 0,83 a 1,22%, este parâmetro reflete os teores de lipídios na planta, nos resultados encontrados por Zhang *et al.*, (2022) foram observados médias superiores a 3% divergindo dos nossos resultados, o autor observou que o nitrogênio foi capaz de baixar os teores de fibra e aumentar os teores de EE, mesmo em condições de campo com baixos índices pluviométricos, como os do estudo (Figura 1).

4.3 Inter-relações entre as variáveis estudadas

A figura 2 mostra o agrupamento das variáveis agrônômicas do milho e bromatológicas do milho e do capim - corrente em função dos tratamentos (híbridos, doses de nitrogênio e épocas de semeadura) no espaço das componentes principais, foi possível observar a formação de diferentes grupos dos tratamentos, evidenciando que determinadas combinações dos fatores estudados promovem respostas semelhantes.

A produção de MSM e PCG são encontradas no espaço das componentes onde estão as maiores doses de nitrogênio, mostrando que doses mais elevadas tendem a impulsionar a produção de massa seca e as características de rendimento do milho (Cavalcante, 2021).

Além disso, os resultados sugerem que a produtividade tem correlação positiva com AP, FDA (m), FDN (m) e PG/E, desta forma a identificação características que se associam a produtividade em função de cada tratamento pode ser crucial para otimizar a produtividade de grãos e matéria seca, proporcionando maior sustentabilidade ao sistema de produção (Silva Miranda *et al.*, 2024).

5 Conclusões

A semeadura realizada no dia 11/03/2024, segunda época, favoreceu a produtividade de grãos dos híbridos de milho.

As doses de nitrogênio acarretaram ganhos na produtividade de grãos e na produção de matéria seca total (milho + capim – corrente) independente da época de semeadura.

As épocas de semeadura não influenciaram significativamente na produção de matéria seca total (milho + capim – corrente).

6 Referência

Ali, A., & Safdar, M. E. (2021). The impact of different levels of nitrogen fertilizer on maize

Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., & de Moraes Gonçalves, J. L. (2013). Modeling monthly mean air temperature for Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, 113(3–4), 407–427. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0796-6>

AOAC- Association of Official Analytical Chemists. (1990). *Official Methods of Analysis*. (OAO, Ed.; 15th ed., Vol. 1).

Biology. <http://eprints.go2submission.com/id/eprint/728/>

Branco, A. F., Coneglian, S. M., Maia, F. J., & Guimarães, K. C. (2006).

Digestibilidade intestinal verdadeira da proteína de alimentos para ruminantes.

Revista Brasileira de Zootecnia, 35(4 suppl), 1788–1795.

<https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000600029>

BUSO, W.H.D.; MACHADO, A.S.; RIBEIRO, T.B.; SILVA, L.O. Produção e composição bromatológica da silagem de híbridos de milho sob duas alturas de corte. *Revista de Agricultura Neotropical*, v.5, n.4, p.74-80, 2018 DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v5i4.2682>

Cavalcante, L. D. S. (2021). Análise agroeconômica do milho-doce produzido sob fontes e doses de nitrogênio em associação com *Azospirillum brasilense*.

Castilhos, R. V., Parizotto, C., Bermudez, F., Ribeiro, L. P., Canale, M. C. Severity of corn stunt disease on maize genotypes in the midwest of the Brazilian state of Santa Catarina. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.21, e1278, 2022. DOI:

<https://doi.org/10.18512/rbms2022v21e1278>

Chen, J. et al. Drought differently affects growth properties, leaf ultrastructure, nitrogen absorption and metabolism of two dominant species of Hippophae in tibet plateau, *Acta physiologiae plantarum*, v. 41, 2019.

Costa, N. R., Andreotti, M., Gameiro, R. D. A., Pariz, C. M., Buzetti, S., & Lopes, K. S. M. (2012). Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47, 1038-1047.

Costa, S. B. de M., de Mello, A. C. L., Dubeux, J. C. B., Ferreira dos Santos, M. V., da Cunha, M. V., & Coelho, J. J. (2021). Proportion and digestibility of tree legumes in diets of grazing cattle in a tropical silvopastoral system. *Livestock Science*, 252, 104689. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104689>

Costa, S. B. de M., de Mello, A. C. L., Dubeux, J. C. B., Ferreira dos Santos, M. V., da Cunha, M. V., & Coelho, J. J. (2021). Proportion and digestibility of tree legumes in diets of grazing cattle in a tropical silvopastoral system. *Livestock Science*, 252, 104689. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104689>

DANIEL, J.L.P.; BERNARDES, T.F.; JOBIM, C.C.; SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. *Grass and Forage Science*, v.74, n.2, p.188-200, 2019. DOI:10.1111/gfs.12417

de Almeida Cartaxo, P. H., de Souza Laurentino, L. G., de Araújo, H. M., de Lacerda, L. B., Gonzaga, K. S., da Silva Santos, A., & de Oliveira Santos, J. P. (2019). Análise da dinâmica agropecuária (1996-2017) do município de Dois Riachos, Alagoas (Brasil). *Meio Ambiente (Brasil)*, 1(1).

Djaman, K., Allen, S., Djaman, DS, Koudahe, K., Irmak, S., Puppala, N., & Angadi, SV (2022). Efeitos da data de plantio e da densidade de plantas no crescimento do milho, rendimento e eficiência do uso da água. *Desafios Ambientais*, 6, 100417.

Ferreira, G.D.G.; Emile, JC; Barrière, Y.; Cabreira J. C. (2007) Caracterização morfoanatômica do colmo de híbridos de milho para avaliar a qualidade de silagem. *Acta Scientiarum. Animal Science*, v.29, n.3, p.249-254. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3031/303126488014.pdf>. Acesso em: 25/12/24.

Ferreira, W. P. M., Pedrosa, A. W., Ribeiro, M. D. F., Picoli, E. A. D. T., May, A., & Donzeles, S. M. L. (2021). Estado nutricional dos solos e cafeeiros da região das Matas de Minas. Disponível em <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/14320>. Acesso 24 de dezembro de 2024.

Galon, L., Tironi, S. P., Rocha, A. D., Soares, E. R., Concenção, G., & Alberto, C. M. (2010). Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho. *Revista Tropica–Ciências Agrárias e Biológicas*, 4(3), 18.

Garcia-Amezquita, LE, Viacava, F. & Jacobo-Velázquez, DA (2020). Análise de fibras e seus componentes. En Jorge Welti-Chanes, Sergio O. Serna-Saldívar, Osvaldo Campanella & Viridiana Tejada-Ortigoza (Eds.). *Ciência e tecnologia de fibras em sistemas alimentares* (pp. 71-86). Nova York: Springer. (*Food Engineering Series*) . doi :10.1007/978-3-030-38654-2_4

Gazola, B., Mariano, E., Andrade, MGO *et al.* Destino do fertilizante N aplicado ao milho consorciado com gramíneas forrageiras e recuperação do N residual pela soja em sistema de cultivo duplo. *Plant Soil* 496 , 205–219 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11104-023-06139-8>

Gheith, EMS, El-Badry, OZ, Lamlom, SF, Ali, HM, Siddiqui, MH, Ghareeb, RY, ... & Kandil, EE (2022). Produtividade do milho (*Zea mays* L.) e eficiência do uso de nitrogênio em resposta aos níveis de aplicação de nitrogênio e tempo. *Frontiers in Plant Science* , 13 , 941343.

Godin, B., Agneessens, R., Gofflot, S., Lamaudière, S., Sinnaeve, G., Gerin, P. A., & Delcarte, J. (2011). Revue bibliographique sur les méthodes d'analyse des polysaccharides structuraux des biomasses lignocellulosiques. *Biotechnologia, Agronomia, Sociedade e Ambiente*, 15.

Gonçalves, S. L., Wrege, M. S. Considerações sobre metodologias para zoneamento agrícola em escala regionalizada. *Agrometeoros*, v. 26, n. 2, 2020.

Guo, J., Fan, J., Zhang, F., Yan, S., Zheng, J., Wu, Y., . & Li, Z. (2021). A mistura de ureia e fertilizante de nitrogênio de liberação lenta aumenta o rendimento do milho de sequeiro e a eficiência do uso de nitrogênio, ao mesmo tempo em que atenua a volatilização de amônia. *Science of the Total Environment* , 790 , 148058.

hybrids performance under two different environments. *Asian Journal of Agriculture and*

Ivanyshyn, O., Khomina, V., & Pantsyreva, H. (2021). Influence of fertilization on the formation of grain productivity in different-maturing maize hybrids. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(3), 262-269.

Kogo, BK, Kumar, L. e Koech, R. (2021). Sustentando a produção agrícola no Paquistão: obstáculos e perspectivas. *Current Politics and Economics of the Middle East*, 10(3), 331-356. melhorar o crescimento das plantas, o rendimento de grãos, a qualidade e o metabolismo do milho híbrido (*Zea mays* L.). Mudanças climáticas e variabilidade no Quênia: uma revisão dos impactos na agricultura e na segurança alimentar. *Meio Ambiente, Desenvolvimento e Sustentabilidade*, 23, 23-43.

KAISER, Henry F. The application of electronic computers to factor analysis. **Educational and psychological measurement**, v. 20, n. 1, p. 141-151, 1960.

LAMICHHANE, Shyam et al. Benchmarking OECD countries' sustainable development performance: A goal-specific principal component analysis approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 287, p. 125040, 2021.

Landau, E. C.; Magalhães, P. C.; Guimarães, D. P. Relações com o clima. [S.l.], 08 dez. 2021. Portal: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-deinformacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/relacoes-com-o-clima#:~:text=Durante%20o%20per%C3%ADodo%20de%20germina%C3%A7%C3%A3o,o%20caso%20preju%C3%ADo%20sens%C3%ADvel%20%C3%A0%20germina%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 16 maio 2024.

Lin, Y., Wu, W., & Ge, Q. (2015). Simulação baseada no modelo CERES-Maize dos impactos das mudanças climáticas nos rendimentos do milho e potenciais medidas adaptativas na província de Heilongjiang, China. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(14), 2838-2849.

Lorenzetti, J. G., Rodrigues, M. A., de Paiva Soares, A., & Vieira, C. R. (2023). Densidade de plantas e os efeitos nas características agronômicas, temperatura e umidade do solo em consórcio milho-braquiária. *Nativa*, 11(1), 101-107.

Manzani Lisboa, L. A., Ventura, G., Ferreira, L., & Monteiro de Figueiredo, P. A. (2021). Bromatological and morphological characteristic of forage plants. *Investigación Agraria*, 23(1), 22-27. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2021.junio.2301602>

Mattei, E., de Moraes Rego, C. A. R., de Oliveira, P. S. R., Sampaio, M. C., Piano, J. T., & Crusciol, C. A. C. (2024). Características agronômicas e a produtividade de milho silagem em área de integração lavoura-pecuária no Oeste do Paraná. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 17(4), e12653-e12653. DOI:10.17765/2176-9168.2024v17n4e12653

Mota, M. R. et al., (2015) Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. *Revista brasileira de ciência do solo*, v. 39, n. 2, p. 512–522.

Mousavi, S. M. N., Bojtor, C., Illés, Á., & Nagy, J. (2021). Genotype by trait interaction (GT) in maize hybrids on complete fertilizer. *Plants*, 10(11), 2388. <https://doi.org/10.3390/plants10112388>

Okumura, R. S.; Mariano, D. de C.; Zaccheo, P. V. C., (2011). Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, 4(2), 226-244.

Okumura, R. S.; Mariano, D. de C.; Zaccheo, P. V. C., (2011). Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, 4(2), 226-244.

Oligini, K. F.; Salomão, E. C.; Batista, V. V.; Link, L.; Adami, P. F.; Sartor, L. S. (2019) Produtividade de milho consorciado com espécies forrageiras no sudoeste do Paraná. *Revista Agrarian*, v. 12, n. 36, p. 434-442. DOI: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v12i46.8705>.

PATZLAFF, N.L.; MARTINS, C.E.N.; ARBOITTE, M.Z.; HÖFS, A. Variedades de milho com polinização aberta da Epagri sob efeito do espaçamento entre linhas.

Brazilian Journal of Development, v.6, n.2, p.5750-5766, 2020.

DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-032>

Qin, X., Huang, T., Lu, C., Dang, P., Zhang, M., Guan, XK, ... & Siddique, KH (2021). Benefícios e limitações da cobertura morta de palha e incorporação na produtividade do milho, eficiência do uso da água e eficiência do uso do nitrogênio. *Agricultural Water Management* , 256 , 107128.

RStudio. (2021). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. RStudio.

[Http://www.Rstudio.com](http://www.Rstudio.com).

Silva, D. J., & Queiroz, A. C. (2009). *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos* (Viçosa: UFV, Ed.; 3rd ed.).

Silva Miranda, G., de Almeida, V. G. S., de Lima, R. S., Brandão, R. S., de Souza, C. M., Barros, F. V. V., ... & Andrade, L. Q. (2024). USO DE LEGUMINOSAS COMO COMPONENTE ARBÓREO NOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO: PANORÂMICA SOBRE A SUSTENTABILIDADE. *ARACÊ*, 6(3), 8578-8596.

Skamarokhova, AS, Yurina, NA, Bedilo, NA, Yurin, DA & Ashinov, YN (2020). Avaliação da massa seca ao ar de misturas de ervilhaca e capim-cereal de acordo com sua otimalidade na proporção de detergente neutro (NDF) e fibra em detergente ácido (ADF). *E3S Web of Conferences* , 224 , 1-8. doi: 10.1051/e3sconf/202022404030

Skendzic, S., Zovko, M., Živkovič, IP, Lešič, V., & Lemič, D. (2021). O impacto das mudanças climáticas nas pragas de insetos agrícolas. *Insetos*, 12(5), 440.

Tan, M., & Yolcu, H. (2021). Current status of forage crops cultivation and strategies for the future in Turkey: A review. *Journal of Agricultural Sciences*, 27(2), 114-121. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.903732>

Van Soest, P. J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. *Ithaca: Cornell University Press*, 2, 475–476.

Wang, X. W., Yang, W. T., Miao, J. Q., Xu, J., Wan, J., Nie, Y., & Huang, G. (2014). Effects of maize-soybean intercropping and nitrogen fertilizer on yield and agronomic traits of maize. *Acta Ecologica Sinica*, 34(18), 5275-5282.

Xu, Z., Li, C., Zhang, C., Yu, Y., van der Werf, W., & Zhang, F. (2020). O consórcio milho e soja aumenta a eficiência do uso da terra e do nitrogênio dos fertilizantes; uma meta-análise. *Pesquisa de Culturas de Campo*, 246, 107661.

Zhang, H., Shi, W., Ali, S., Chang, S., Jia, Q., & Hou, F. (2022). Legume/maize intercropping and N application for improved yield, quality, water and n utilization for forage production. *Agronomy*, 12(8), 1777.