

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

GABRIELE SILVA PINTO

**AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DE UM ARGISSOLO EM FUNÇÃO DOS
NIVEIS DE COBERTURA PROVENIENTE DO FEIJÃO – FAVA (*Phaseolus lunatus*
L.)**

São Luís - MA

2025

GABRIELE SILVA PINTO

**AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DE UM ARGISSOLO EM FUNÇÃO DOS
NIVEIS DE COBERTURA PROVENIENTE DO FEIJÃO - FAVA (*Phaseolus lunatus*
L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia Bacharelado do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes

São Luís – MA

2025

GABRIELE SILVA PINTO

**AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DE UM ARGISSOLO EM FUNÇÃO DOS
NIVEIS DE COBERTURA PROVENIENTE DO FEIJÃO - FAVA (*Phaseolus lunatus*
L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de
Agronomia da Universidade Estadual do Maranhão como
requisito para obtenção do título de bacharel em
Agronomia.

Data da aprovação: 19/12/2025

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **RONALDO HAROLDO NASCIMENTO DE MENEZE**
Data: 07/01/2026 11:27:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes (Orientador)

Universidade Estadual do Maranhão

Documento assinado digitalmente
 **FRANCISCO RONALDO BELEM FERNANDES**
Data: 07/01/2026 11:57:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Francisco Ronaldo Belém Fernandes

Universidade Estadual do Maranhão

Documento assinado digitalmente
 **CONCEICAO DE MARIA MARQUES DE OLIVEIRA**
Data: 07/01/2026 13:10:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Conceição de Maria Marques de Oliveira

Universidade Estadual do Maranhão

Pinto, Gabriele Silva
Avaliação da temperatura de um argissolo em função dos níveis de cobertura
proveniente do feijão – fava (*Phaseolus lunatus L.*) / Gabriele Silva Pinto. – São Luís,
MA, 2025.

37 fl.

TCC (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual do
Maranhão, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes Rodrigues

A Deus dedico meu primeiro agradecimento, pela força que me deu quando minhas próprias pernas oscilaram, por me manter firme nos meus objetivos apesar da realidade dura e dos pensamentos inoportunos.

Aos meus pais, que são a minha origem, meu alicerce. Cada gesto, cada renúncia e cada palavra florescem nesse momento com essa conquista. Em tudo que faço e tudo que sou carrego um pouco de vocês. E aos meus irmãos que caminham comigo entre risos, desafios, aprendizados e em cada palavra de apoio. Em cada vitória minha carrego um pouco do amor deles.

Em especial dedico ao tio avô que a vida me deu, Waldete, e que partiu antes de ver esse sonho acontecer. Sonho este que ele acreditava fielmente no meu potencial, o que fica é a memória que guardo como quem guarda um abraço que ficou pela metade, mas que ainda aquece. Que essa conquista alcance você, onde estiver.

E ao lugar onde cresci praticamente toda a minha vida, meu berço de luta, resistência, esperança e felicidade mesmo diante das dificuldades. Foi entre sonhos desacreditados e realidades duras que aprendi a ser forte. Da beleza e da dor desse lugar eu me fiz. Carrego comigo a coragem de quem veio de onde poucos acreditam, mas de onde nascem muitos gigantes. Parte do que sou bem exatamente desse chão que muitos não valorizam, mas que me fez enxergar o mundo com coragem e verdade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente meus pais e irmãos, pelo apoio incondicional, pelas palavras de incentivo, pela confiança depositada. Cada gesto, cada palavra, cada incentivo foi uma demonstração de amor que foram essenciais para chegar até aqui.

À turma 2020.1, minha primeira casa dentro da universidade, deixo os meus mais sinceros agradecimentos. Em especial, à Maria Cristina, Darlyara, Aline, Sara Machado, Antônia Edilaila, Roberto, Josilene, Marion e Samuel. Cada um contribuiu, da sua forma, para tornar essa caminhada mais leve, humana e significativa.

Manifesto minha profunda gratidão ao meu grupo “Biricos”, a quem já fez parte e a quem ainda faz parte: Neto, Isabela, Roselia, João Victor Miranda, João Victor Rabelo e Leonardo. Vocês foram a luz no fim do túnel, o abraço em forma de gente, o alívio no meio de todo o caos. Tornaram os dias mais leves, as pressões mais suportáveis e a vida universitária mais alegre. Como vocês aprendi que mesmo nas tempestades, ainda existe espaço para o riso, o afeto e para a amizade genuína.

Agradeço também a todos os amigos que cruzaram meu caminho ao longo do curso, cada palavra, cada gesto, cada momento compartilhado tornaram essa jornada mais amável.

Dirijo um agradecimento especial a Andressa Sarah que esteve comigo desde o primeiro período, embora tenha seguido um caminho diferente, a sua companhia permanece marcada na minha história. Sou imensamente grata por cada momento, cada conversa, pelo apoio, pelas risadas e pelo carinho que guardarei comigo.

Estendo minha profunda gratidão à minha amiga Isabela, que viver esse TCC comigo do início ao fim. Juntas enfrentamos cada etapa do experimento, cada dia de cansaço, cada estresse e cada conquista, a sua presença foi e continua sendo essencial na minha vida, nada jamais seria igual sem ela.

Agradeço ainda ao seu Waldir, cuja dedicação, generosidade e conhecimento foram fundamentais para a realização deste trabalho. Sempre disposto a ajudar, atento as nossas necessidades e carinhoso a cada gesto, ele se tornou um pilar crucial para o desenvolvimento deste TCC. Minha gratidão também se estende aos demais funcionários da fazenda escola que contribuíram com apoio, disponibilidade e colaboração, se tornando cruciais para esse estudo se tornar possível.

Por fim, agradeço a mim mesma por ter tido coragem de continuar quando o fardo parecia pesado demais, pela determinação, pelas pequenas e grandes conquistas que me trazem até aqui. Honro a versão de mim que persistiu, acreditou e que hoje celebra esta conquista.

RESUMO

A temperatura do solo é um fator fundamental para o desenvolvimento das culturas agrícolas, podendo ser influenciada pelo uso de sistemas de cultivo e pela presença de cobertura vegetal. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a variação da temperatura do solo no cultivo do milho (*Zea mays* L.) realizado de forma solteira e consorciado com o feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.), analisando como o uso da cobertura vegetal poderia influenciar a temperatura do solo e demais características de desenvolvimento da cultura. O experimento foi conduzido na Fazenda Escola da Universidade Estadual do Maranhão, utilizando três tratamentos com diferentes níveis de cobertura: o milho solteiro, milho consorciado com a fava em espaçamento de 1,0 m e o milho consorciado com a fava em espaçamento de 0,5 m. As temperaturas foram monitoradas nas profundidades de 10 cm e 20 cm ao longo de 12 semanas, permitindo identificar padrões térmicos ao longo do experimento. Os resultados evidenciaram maior instabilidade térmica na camada superficial, além de mostrar maior estabilidade e significância estatística na camada de 20 cm em semanas específicas, destacando-se o tratamento com fava a 1,0 m de espaçamento. Conclui-se que o consórcio milho-fava apresentou potencial para a regulação térmica do solo em maiores profundidades, especialmente em condições de maior incidência de radiação, contribuindo para um ambiente edáfico mais estável para o desenvolvimento do milho.

Palavras-chave: Dinâmica Térmica; Consórcio; Microclima; Solo; Desenvolvimento.

ABSTRACT

Soil temperature is a fundamental factor for the development of agricultural crops, and it can be influenced by the use of cropping systems and the presence of plant cover. In this context, the present work aims to evaluate the variation in soil temperature in maize (*Zea mays* L.) cultivation carried out alone and intercropped with lima bean (*Phaseolus lunatus* L.), analyzing how the use of plant cover could influence soil temperature and other crop development characteristics. The experiment was conducted at the University of Maranhão's School Farm, using three treatments with different cover levels: maize alone, maize intercropped with lima bean at a spacing of 1.0 m, and maize intercropped with lima bean at a spacing of 0.5 m. Temperatures were monitored at depths of 10 cm and 20 cm over 12 weeks, allowing the identification of thermal patterns throughout the experiment. The results showed greater thermal instability in the surface layer, as well as greater stability and statistical significance in the 20 cm layer in specific weeks, highlighting the treatment with broad beans at 1.0 m spacing. It is concluded that the corn-broad bean intercropping showed potential for regulating soil temperature at greater depths, especially under conditions of higher radiation incidence, contributing to a more stable edaphic environment for corn development.

Keywords: Thermal Dynamics; Intercropping; Microclimate; Soil; Development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área experimental	20
Figura 2 – Croqui representando os tratamentos na área experimental	21
Figura 3 – Croqui do arranjo do milho solteiro (Testemunha)	22
Figura 4 – Croqui do arranjo do milho consorciado com a fava (0,5 m de espaçamento)	22
Figura 5 – Croqui do arranjo do milho consorciado com a fava (1,0 m de espaçamento)	22
Figura 6 – Aplicação de herbicida sistêmico a base de glifosato (Roundup)	23
Figura 7 – A – Realização da capina manual da área; B- Determinação da delimitação	24
Figura 8 – Representações da emergência das culturas (A e B)	24
Figura 9 – Adubação com base no aminoácidos Agross (A) e inseticida biológico à base de Bacillus thuringiensis (HizoBio) utilizado no manejo fitossanitário das culturas na área experimental (B)	25
Figura 10 – Representação da utilização do monitor digital de solo	27
Figura 11 – Variação semanal da temperatura do solo nas profundidades de 10 cm e 20 cm sob três tratamentos: Tratamento 1 – Milho solteiro; Tratamento 2 – Milho com fava a 1 m; Tratamento 3 – Milho com fava a 0,5 m, ao longo de 12 semanas	28

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Rotina de coletadas realizadas ao longo do experimento	25
Tabela 2 – Resumo da análise de variância (ANOVA).....	30
Tabela 3 – Semanas com significância pelo teste de Tukey (5%)	31

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo Geral	13
2.2 Objetivo Específico	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 Solo, Temperatura e Processos Físico-Biológicos	14
3.2 Cultura do Milho (<i>Zea mays L.</i>)	14
3.3 Cultura do Feijão-Fava (<i>Phaseolus lunatus L.</i>)	15
3.4 Efeitos Da Temperatura Do Solo No Desenvolvimento Do Milho	16
3.5 Cobertura Vegetal, Microclima e Modulação Térmica do Solo	16
3.6 Sistema de Plantio, Manejo do Solo e Dinâmica Térmica	17
3.7 Consórcio Milho-Leguminosa e Seus Reflexos	18
4. MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1 Local do Experimento	20
4.2 Delineamento Experimental e Tratamentos	20
4.3 Tratos Culturais	23
4.4 Coletas de Dados	25
4.5 Análise Estatística	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
6. CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

O solo não é um substrato inerte, composto apenas de partículas minerais. Ele abriga uma importante comunidade de organismos e microrganismos responsáveis pela decomposição e transformação da matéria orgânica. Entre os fatores que influenciam no funcionamento do solo se tem a temperatura, que se destaca afetando processos físico-químicos como a intemperização dos solos e a difusão de gases e solutos, bem como os processos biológicos da germinação de sementes, desenvolvimento de raízes e sua atividade na absorção de nutrientes e água e as taxas de decomposição. Além disso, o aumento da temperatura combinado com o déficit hídrico tende a comprometer o vigor das plantas, tornando-as mais suscetíveis ao ataque de pragas e doenças (CALVIN *et al.* 2023).

Nessa conjuntura, a temperatura do solo exerce influência direta sobre a germinação e a emergência de plântulas cultivadas. No caso do milho, temperaturas inadequadas podem retardar ou comprometer a emergência das plântulas. De acordo com Meng, Wen e Zhang (2022), a germinação de sementes de milho é significativamente reduzida quando submetida a baixas temperaturas, afetando não apenas a germinação, mas também o desenvolvimento inicial das plântulas. Os autores destacam que o estresse térmico resulta em emergências mais lentas e menos vigorosas, comprometendo o estabelecimento inicial da cultura.

Ademais, o desenvolvimento inicial do milho também é afetado pela temperatura, Johnson e Harris (2020) mostraram que temperaturas elevadas podem reduzir o crescimento radicular e o acúmulo de biomassa da planta, o que prejudica a sua adaptação e capacidade de absorção de nutrientes. Esses efeitos se tornam mais evidentes em regiões de clima quente, tendo em vista que o estresse térmico afeta o desenvolvimento vegetativo.

Didonet e Rodrigues (2003) destacaram que ao longo do período reprodutivo do milho, a temperatura exerce papel decisivo no desenvolvimento da cultura, podendo favorecer, mas também limitar a formação e o desenvolvimento dos grãos. Foi observado que temperaturas inadequadas reduzem a taxa de crescimento dos grãos e diminui o número de grãos de qualidade, afetando diretamente o seu rendimento.

A adoção de sistemas como o plantio direto, constitui uma alternativa importante para melhorar a dinâmica do solo. De acordo com Novak *et al.* (2018), áreas onde se apresenta uma maior diversidade de cobertura do solo favorecem a maior atividade microbiológica, criando um ambiente mais estável e favorecendo a ciclagem de nutrientes, que reflete diretamente na melhoria da qualidade do solo.

O microclima do solo também pode ser afetado pela cobertura do solo. A cobertura do solo modifica a distribuição de energia solar para a superfície, influenciando processos como

o aquecimento do solo, a evaporação e a evapotranspiração. Áreas com maior índice de cobertura do solo tendem a absorver mais energia para a evapotranspiração, exercendo o efeito de termorregulador entre a temperatura do ar e do solo (MEDEIROS et al., 2005; VAREJÃO-SILVA, 2001).

Em áreas de produção da agricultura familiar, o uso de sistemas consorciados constitui uma estratégia amplamente adotada com o objetivo de aumentar a eficiência produtiva por unidade de área. O consórcio do milho com leguminosas, como feijão ou fava, é recorrente em diferentes regiões do Nordeste brasileiro, incluindo o Ceará, por favorecer o melhor aproveitamento dos recursos ambientais disponíveis. Estudos indicam que sistemas consorciados promovem maior eficiência no uso da água, da luz e dos nutrientes, resultando em maior produtividade total quando comparados aos sistemas de cultivo solteiro (RUSINAMHODZI et al., 2012).

No cultivo do milho, o ajuste da densidade populacional e o uso de consórcios com leguminosas têm sido investigados como práticas que influenciam o aproveitamento dos recursos ambientais e os componentes de rendimento da cultura. Estudo recente avaliou o desempenho produtivo do milho consorciado com feijão-mungo sob diferentes densidades de plantas, observando que as variações na densidade de semeadura dos componentes modificam características agrônomicas associadas ao rendimento de grãos, evidenciando a importância do manejo adequado da população de plantas e do consórcio para a maximização da produção em sistemas diversificados de cultivo (CARDOSO; ANDRADE JÚNIOR; RIBEIRO, 2023).

Diante disso, é evidente que fatores como temperatura do solo, manejo do solo e densidade populacional influenciam no desenvolvimento e na produtividade do milho. A compreensão dessas interações é fundamental para escolha das melhores práticas agrícolas a serem adotadas, especialmente em áreas sujeitas a altas temperaturas e variabilidades climáticas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a variação da temperatura do solo nas profundidades de 10 cm e 20 cm em cultivo de milho (*Zea mays* L.) solteiro e consorciado com feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.), sob diferentes níveis de cobertura vegetal.

2.2 Objetivos Específicos

- Monitorar a temperatura do solo nas profundidades de 10 cm e 20 cm sob diferentes sistemas de cultivo;

- Comparar o comportamento térmico do solo entre o cultivo de milho solteiro e consorciado com feijão-fava;
- Identificar diferenças térmicas ao longo do período experimental em função da cobertura vegetal.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Solo, Temperatura e Processos Físico-Biológicos

O solo se trata de um sistema dinâmico composto por frações minerais, matéria orgânica, água, ar e organismos responsáveis por processos essenciais. A temperatura está entre os fatores que influenciam no sistema, regulando reações físico-químicas como o intemperismo, mobilidade de nutrientes e processos de transformações microbiológicas da matéria orgânica. De acordo com Bertol (2011), a temperatura do solo exerce influência direta em processos físico-químicos e biológicos fundamentais, incluindo a germinação, desenvolvimento radicular, absorção de água e nutrientes, e decomposição da matéria orgânica. O autor ainda destaca que a adoção de práticas, como o plantio direto, contribuem para minimizar o impacto das gotas de chuvas, etapa inicial dos processos de erosão.

Além disso, a temperatura influencia a atividade biológica do solo, auxiliando na determinação de taxas de germinação, emergência e desenvolvimento radicular. Segundo Andrade e Abreu (2007), a faixa térmica adequada acelera o desenvolvimento foliar e o acúmulo inicial de biomassa, enquanto valores abaixo reduzem o crescimento e o vigor da planta. Dessa forma, entender como diferentes manejos e coberturas interferem na temperatura do solo é fundamental para interpretar a resposta fisiológica das culturas, assim como no milho que foi utilizado neste experimento.

3.2 Cultura do Milho (*Zea mays* L.)

O milho (*Zea mays* L.) está entre os cereais mais cultivados no mundo e se trata de uma das culturas de maior importância para alimentação humana e animal, servindo de matéria prima para diversos produtos e insumos para várias atividades agropecuárias (GROTE *et al.*, 2021). No contexto mundial, a maior parte de utilização de grãos está destinada para a alimentação animal, sendo que no Brasil a utilização neste segmento varia de 70 a 90% da produção, dependendo de fatores como a fonte da estimativa e a região geográfica (Cruz *et al.*, 2006).

A difusão e expansão da cultura do milho ao longo dos anos vêm sendo analisada sob a perspectiva das cadeias produtivas ou dos sistemas agroindustriais (SAG). O milho é utilizado na produção de inúmeros produtos, chegando a milhares nos Estados Unidos, porém,

se destaca na cadeia produtiva de alimentos para os animais. Na cadeia de suínos e aves são consumidos cerca de 70% da produção mundial do milho e de aproximadamente 70% a 80% do milho consumido no Brasil (Duarte *et. al*, 2019).

O milho apresenta uma ampla diversificação no seu ciclo vegetativo, podendo incluir genótipos extremamente precoces, onde a polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência, até aqueles que os ciclos vitais podem alcançar 300 dias. Mesmo assim no contexto brasileiro, a planta apresenta ciclo médio entre 110 e 160 dias, dependendo do grupo genético e suas características de cada cultivo (Fancelli, 2015).

A temperatura exerce forte influência sobre o desempenho do milho, variando conforme os estádios de desenvolvimento e afetando diretamente o metabolismo da planta. Em condições mais quentes, o metabolismo se intensifica, por outro lado, em temperaturas mais baixas ele se torna mais lento. Segundo a EMBRAPA (2010), as oscilações ocorrem dentro dos limites térmicos de tolerância da cultura, situados entre 10 °C e 30 °C, abaixo de 10 °C o crescimento é quase nulo, e temperaturas acima de 30 °C podem reduzir o enchimento de grãos.

3.3 Cultura do Feijão-Fava (*Phaseolus lunatus* L.)

A fava (*Phaseolus lunatus* L.), popularmente conhecida como feijão-de-lima ou feijão-fava, se trata de uma das espécies do gênero *Phaseolus* exploradas comercialmente, tendo relativa importância econômica em alguns estados brasileiros (Santos *et al.*, 2002). Segundo Sullivan e Davenport (1993), a fava se destaca entre as espécies mais tolerante à seca, favorecendo uma adaptação à realidade da agricultura familiar no semiárido brasileiro.

O cultivo deve ser realizado em regiões ecologicamente favoráveis ao seu desenvolvimento, com temperaturas variando de 15 a 30 °C, tendo em vista que temperaturas elevadas tornam-se prejudiciais à cultura, principalmente durante a floração, quando associadas a períodos de estresse hídrico (Vieira e Vieira, 1996). A precipitação pluvial média mensal deve estar entre 100 e 150 mm, bem distribuída durante o ciclo da cultura, pois o excesso de umidade no final da maturação prejudica a qualidade do produto (Vieira e Vieira, 1996).

De acordo com Silva *et al.* (2010), a fava além de ser utilizada para o consumo humano, também é usada como alimento animal, adubo verde e como cultura de cobertura para proteger o solo da erosão. Estudos nos mostram ainda que a fava apresenta associação com bactérias do gênero *Rhizobium*, que são capazes de fixar nitrogênio atmosférico e fornecê-lo a cultura, o que pode diminuir a necessidade de adubação nitrogenada, resultando em benefícios ao

agricultor (Antunes, 2010). Diante disso, a cultura pode ser recomendada para adubação verde, contribuindo positivamente nas condições químicas, físicas e biológicas do solo (Pegado et al., 2008).

3.4 Efeitos da Temperatura do Solo no Desenvolvimento do Milho

O ambiente que circunda uma cultura é constituído por um complexo de fatores com grande interação entre eles, o que torna impossível isolar o efeito de cada. A produtividade de uma cultura, quando é medida por meio da produção de matéria seca, depende da diferença entre o acúmulo de fotoassimilados resultantes de fotossíntese e das perdas proporcionadas pela respiração. Portanto, qualquer fator externo que modifique tanto a fotossíntese como a respiração, dentre os quais ressalte-se luz, temperatura, disponibilidade de água e nutrientes, pode ter efeito tanto positivo como negativo na produtividade (Idso et al. 1966).

Foi demonstrado por Meng, Wen e Zhang (2022), que temperaturas do solo adequadas, temperatura do ar e processos metabólicos acontecendo da forma adequada, favorecem uma germinação mais rápida e uniforme, enquanto temperaturas mais baixas reduzem a capacidade de emergência e consequentemente afeta o vigor. Johnson e Harris (2020) complementam dizendo que o desenvolvimento inicial das raízes também sofre influência de estresses térmicos, já que temperaturas elevadas podem limitar o crescimento das raízes, afetando a absorção de nutrientes e água, e comprometendo o estabelecimento da cultura.

Em regiões tropicais esses efeitos são críticos ao longo da fase vegetativa. Didonet e Rodrigues (2003) observaram que nas fases de emergência e pendoamento do milho, a temperatura média possui uma influência maior sobre a taxa de crescimento da cultura do que a radiação solar. Sob regime térmico mais elevado, ainda que a biomassa vegetal se acumule rapidamente, o número de grãos formados por unidade de crescimento tende a diminuir o que pode comprometer o rendimento final. Diante disso, a análise de temperatura do solo permite mensurar impactos que a cultura pode vir a sofrer, justificando assim o seu estudo com milho sendo consorciado com o feijão-fava.

3.5 Cobertura Vegetal, Microclima e Modulação Térmica do Solo

A cobertura vegetal exerce papel fundamental na modulação do microclima do solo, atuando diretamente na redistribuição da energia incidente sobre a superfície. A presença de resíduos vegetais ou do dossel das culturas reduz a incidência direta da radiação solar, limitando o aquecimento excessivo do solo e contribuindo para a diminuição da amplitude térmica diária, especialmente nas camadas superficiais (MEDEIROS et al., 2005).

Além de atenuar os picos de temperatura, a cobertura do solo interfere nos fluxos de calor sensível e latente, favorecendo a dissipação de parte da energia disponível por meio dos processos de evaporação e evapotranspiração. Esse mecanismo promove um efeito de termorregulação entre o solo e a atmosfera, tornando o ambiente edáfico mais estável ao longo do ciclo das culturas (VAREJÃO-SILVA, 2001).

Em sistemas conservacionistas, como o plantio direto, a manutenção de resíduos vegetais sobre o solo contribui para a melhoria das condições físicas e térmicas, reduzindo a perda de umidade e protegendo o solo contra oscilações bruscas de temperatura. Segundo Alvarenga et al. (2001), áreas com maior cobertura vegetal apresentam microclima mais equilibrado, favorecendo o desenvolvimento radicular e a atividade biológica do solo.

Estudos apontam ainda que a cobertura morta influencia diretamente a dinâmica da água e da temperatura do solo, reduzindo a evaporação direta e aumentando a infiltração, o que resulta em maior estabilidade térmica ao longo do perfil do solo (MONTENEGRO et al., 2013). Essa estabilidade é essencial para a manutenção dos processos biológicos e físico-químicos, especialmente em regiões sujeitas a altas temperaturas.

Além dos efeitos térmicos, a presença contínua de resíduos vegetais contribui para o aumento do teor de carbono orgânico do solo, promovendo maior agregação, porosidade e capacidade de retenção de água, fatores que reforçam a modulação térmica do ambiente edáfico (BAYER et al., 2011). Dessa forma, práticas de manejo que priorizam a cobertura do solo são estratégicas para a conservação do solo e para a criação de condições mais favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das culturas (ELTZ; AMADO; LOVATO, 2005).

3.6 Sistema de Plantio, Manejo do Solo e Dinâmica Térmica

Os sistemas de cultivo consorciado têm sido amplamente utilizados, especialmente em áreas de agricultura familiar, por promoverem maior eficiência no uso dos recursos naturais, como água, luz e nutrientes. A associação entre culturas com diferentes características morfofisiológicas contribui para a redução da competição intraespecífica e para o melhor aproveitamento do espaço agrícola, refletindo positivamente no desenvolvimento das culturas e na produtividade por área (VIEIRA; VIEIRA, 1996; ROSSET et al., 2014).

O consórcio entre milho e leguminosas apresenta vantagens agronômicas relevantes, uma vez que as leguminosas contribuem para o aporte de resíduos vegetais e para o aumento do teor de matéria orgânica do solo. Esses resíduos, quando mantidos sobre a superfície, auxiliam na proteção do solo, na melhoria de sua estrutura física e na manutenção de condições

microclimáticas mais estáveis ao longo do ciclo da cultura (ALVARENGA et al., 2001; ELTZ; AMADO; LOVATO, 2005).

Além disso, a presença de leguminosas em sistemas consorciados favorece a ciclagem de nutrientes, especialmente do nitrogênio, em função da fixação biológica realizada por microrganismos simbióticos. Esse processo contribui para o aumento da disponibilidade de nutrientes para a cultura principal, reduzindo a necessidade de fertilização mineral e promovendo maior sustentabilidade do sistema produtivo (ESPÍNDOLA et al., 2005; ANTUNES et al., 2011).

Do ponto de vista físico, os sistemas consorciados proporcionam maior cobertura do solo, o que resulta na redução da evaporação direta da água, maior infiltração e menor variação térmica ao longo do perfil do solo. Essas condições favorecem o desenvolvimento radicular, a atividade biológica e a estabilidade térmica do ambiente edáfico, aspectos essenciais para o crescimento adequado do milho, sobretudo em regiões de clima quente (MONTENEGRO et al., 2013; BAYER et al., 2011).

Estudos indicam ainda que sistemas agrícolas diversificados contribuem para a melhoria da qualidade do solo ao longo do tempo, promovendo maior agregação, incremento do carbono orgânico e maior resiliência frente às variações climáticas. Assim, o uso do consórcio com leguminosas se apresenta como uma estratégia eficiente para a conservação do solo e para a criação de um ambiente mais favorável ao desenvolvimento das culturas agrícolas (ROSSET et al., 2014; LAROCA et al., 2018).

3.7 Consórcio Milho-Leguminosa e Seus Reflexos

O consórcio entre milho e leguminosas constitui uma prática tradicional em sistemas agrícolas tropicais, especialmente na agricultura familiar, por promover melhor aproveitamento dos recursos naturais e maior estabilidade produtiva. A associação entre culturas com exigências e arquiteturas distintas possibilita uma ocupação mais eficiente do espaço, da luz, da água e dos nutrientes disponíveis no solo, refletindo positivamente no desempenho agrônômico das culturas envolvidas (VIEIRA; VIEIRA, 1996; ROSSET et al., 2014).

As leguminosas, quando utilizadas em consórcio com o milho, exercem papel relevante na melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo. A capacidade de fixação biológica de nitrogênio, mediada por microrganismos simbióticos, contribui para o aumento da disponibilidade desse nutriente no sistema, reduzindo a dependência de adubações

nitrogenadas e favorecendo o desenvolvimento da cultura do milho ao longo do ciclo (ESPÍNDOLA et al., 2005; ANTUNES et al., 2011).

Além do aporte de nitrogênio, as leguminosas produzem elevada quantidade de fitomassa, que ao ser depositada sobre o solo atua como cobertura vegetal. Esse material vegetal contribui para a proteção da superfície do solo, reduzindo perdas por erosão, minimizando a evaporação da água e promovendo maior estabilidade térmica, fatores essenciais para o adequado desenvolvimento radicular do milho (ALVARENGA et al., 2001; MONTENEGRO et al., 2013).

Estudos indicam que a decomposição dos resíduos provenientes de leguminosas ocorre de forma relativamente rápida, resultando em liberação gradual de nutrientes, principalmente nitrogênio, que pode ser absorvido pela cultura consorciada. Esse processo favorece a ciclagem de nutrientes e melhora a eficiência do sistema produtivo, sobretudo em ambientes com restrição hídrica ou baixa fertilidade natural (ACOSTA et al., 2014; CARNEIRO et al., 2013).

No que se refere aos componentes de rendimento do milho, a literatura aponta que o consórcio com leguminosas pode influenciar positivamente o enchimento de grãos, desde que seja adotado manejo adequado da densidade populacional e do espaçamento entre plantas. Vieira e Vieira (1996) destacam que populações equilibradas reduzem a competição interespecífica excessiva, permitindo que o milho expresse melhor seu potencial produtivo quando cultivado em sistemas associados.

No caso específico do feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.), além de seu valor alimentar e econômico, a cultura apresenta potencial como planta de cobertura e adubo verde, contribuindo para a melhoria da estrutura do solo e para o aumento da matéria orgânica. A utilização da fava em consórcio com o milho tem se mostrado eficiente em sistemas diversificados, promovendo benefícios agrônômicos e ambientais que favorecem a sustentabilidade da produção agrícola (ARAÚJO et al., 2010; PEGADO et al., 2008).

Dessa forma, o consórcio milho–leguminosa se apresenta como uma estratégia viável para a melhoria do desempenho produtivo do milho e para a conservação do solo, especialmente em regiões tropicais, onde as variações climáticas e térmicas podem limitar o desenvolvimento das culturas. A adoção desse sistema contribui para a criação de um ambiente edáfico mais equilibrado, refletindo positivamente na produtividade e na sustentabilidade do sistema agrícola.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local do Experimento

Experimento foi conduzido ao lado direito do aviário da Fazenda Escola, localizada na Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), no município de São Luís (MA), a localização geográfica pode ser observada na Figura 1.

Figura 1 - Localização da área experimental.



Fonte: Google Earth, 2025.

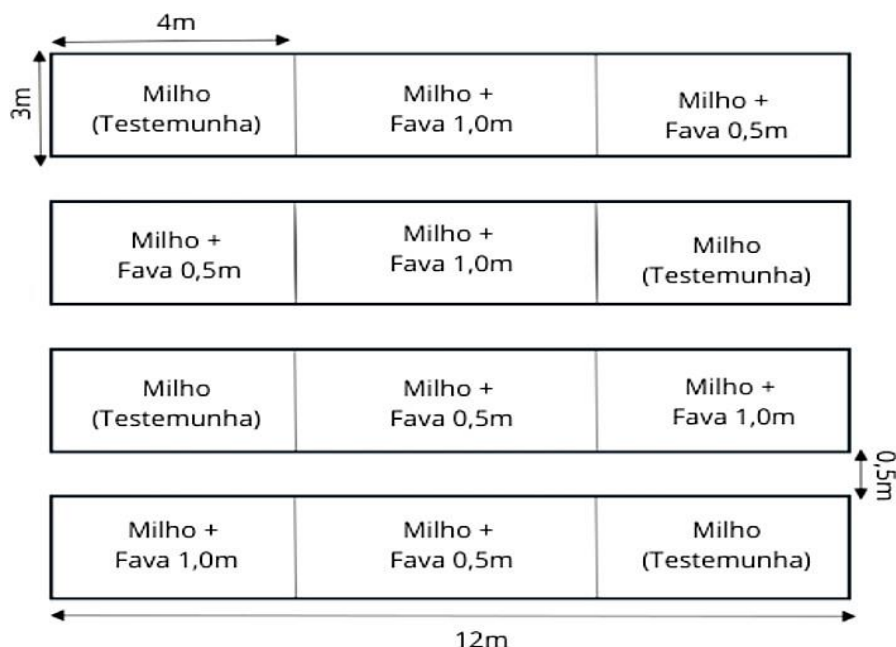
A área experimental está inserida em solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, de horizonte A moderado e textura média, desenvolvido a partir de materiais arenoargilosos retrabalhados da Formação Itapecuru, do Cretáceo Superior. O relevo local é suave-ondulado, com declividade em torno de 4%, apresentando boa drenagem natural, ausência de pedregosidade e rochiosidade, bem como inexistência de processos erosivos aparentes, sob clima do tipo Aw', segundo a classificação de Köppen. A vegetação original corresponde à floresta tropical subperenifólia dicótilo-palmácea, sendo o uso atual caracterizado por sistema agroflorestal.

4.2 Delineamento Experimental e Tratamentos

O experimento foi realizado utilizando o delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com três tratamentos, quatro repetições cada, distribuídos em quatro parcelas de 12 x 3 metros, totalizando assim uma área de 144 m². Os tratamentos adotado foram: milho solteiro com espaçamento de 0,7 m entre linhas e 0,3 m entre plantas, como testemunha; cultivo do feijão-fava com espaçamento de 1,0 metro entre linhas e 0,3 m entre

plantas; e cultivo do feijão-fava com espaçamento de 0,5 m entre linhas e 0,3 entre plantas, como pode ser observado no croqui da Figura 2.

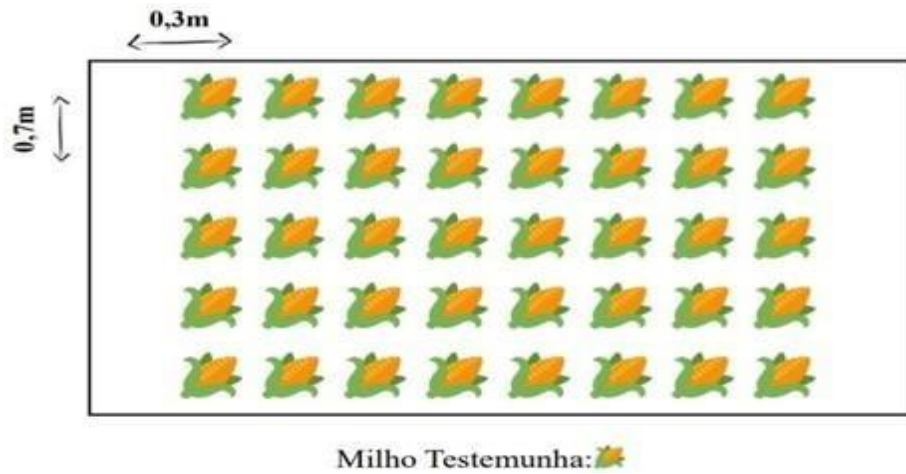
Figura 2 – Croqui representando os tratamentos na área experimental.



Fonte: Mendes, 2025.

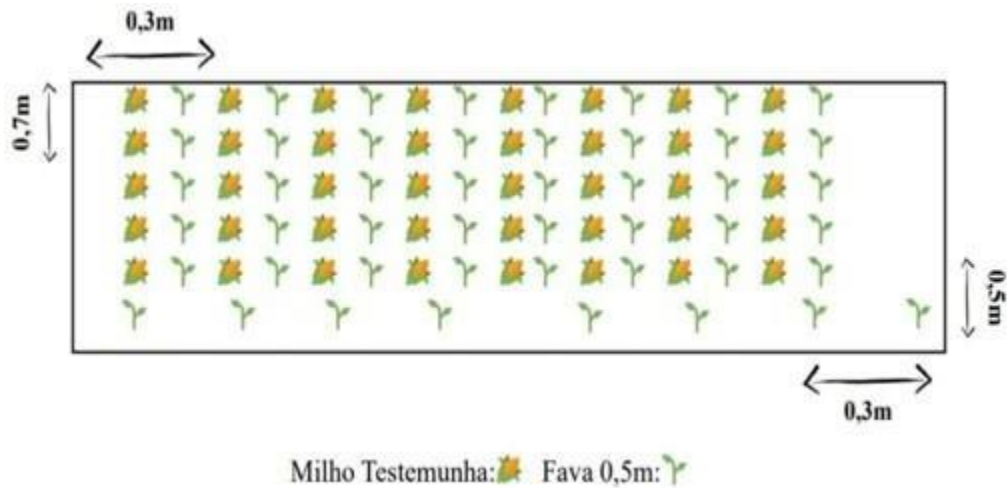
O posicionamento das plantas na área experimental seguiu os diferentes tratamentos estabelecidos, contemplando o cultivo solteiro de milho e o cultivo consorciado de milho com feijão-fava. No sistema solteiro, o milho foi disposto de forma uniforme em toda a parcela. Nos sistemas consorciados, o feijão-fava foi inserido entre as fileiras de milho, formando arranjos alternados entre as culturas, como observado nas Figuras 3, 4 e 5, conforme a configuração definida para cada tratamento. O arranjo das plantas foi planejado de modo a permitir adequada distribuição espacial das culturas, minimizando a competição direta e possibilitando a avaliação dos efeitos do consórcio sobre as variáveis analisadas.

Figura 3 – Croqui do arranjo do milho solteiro (Testemunha).



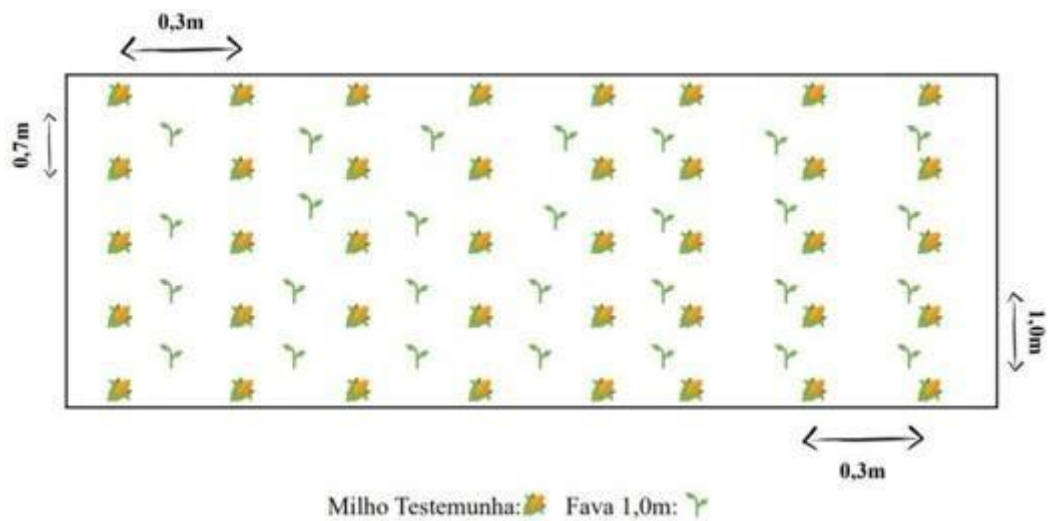
Fonte: Mendes e Pinto, 2025.

Figura 4 – Croqui do arranjo do milho consorciado com a fava (0,5 m de espaçamento).



Fonte: Mendes e Pinto, 2025.

Figura 5 – Croqui do arranjo do milho consorciado com a fava (1,0 m de espaçamento).



Fonte: Mendes e Pinto, 2025.

4.3 Tratos Culturais

Para o preparo da área experimental, realizou-se inicialmente a aplicação de herbicida sistêmico à base de glifosato (Roundup), na concentração de 150 mL para 20 L de água, utilizando bomba manual de pulverização e equipamentos de proteção individual (EPIs) adequados (Figura 6). A aplicação foi restrita exclusivamente à área delimitada para o experimento. Após o período de carência do herbicida, estimado em aproximadamente 11 dias, procedeu-se à confirmação da delimitação das parcelas e à realização da capina manual, com o objetivo de promover o revolvimento superficial do solo e adequá-lo para o plantio, como pode ser observado na Figura 7.

Figura 6 – Aplicação de herbicida sistêmico a base de glifosato (Roundup).



Fonte: Mendes e Pinto, 2025.

Figura 7 – A - Realização da capina manual da área; B- Determinação da delimitação.



Fonte: Mendes e Pinto, 2025.

A semeadura das culturas foram realizadas no dia cinco de abril de 2025. Após a implantação foram feitas vistorias periódicas na área, conforme representado na Figura 8 (A e B) o início do desenvolvimento, para acompanhar o desenvolvimento das culturas e determinar o momento adequado para iniciar as análises bem como para o corte da cultura da fava e seus devidos tratos culturais.

Figura 8 – Representações de diferentes canteiros ao longo da emergência das culturas (A e B).



Fonte: Mendes e Pinto, 2025.

O manejo fitossanitário foi conduzido por meio da aplicação de inseticida biológico à base de *Bacillus thuringiensis* (Bt), da marca HizoBio, visando o controle de insetos-praga, especialmente lagartas, sendo o produto aplicado por pulverização foliar na concentração de

35 mL para 4 L de água, utilizando bomba manual (Figura 9). A adubação foi realizada via aplicação foliar utilizando o produto de aminoácidos Agross, na mesma concentração de 35 mL para 4 L de água, aplicada com o auxílio da bomba de pulverização, buscando favorecer o desenvolvimento vegetativo das culturas e minimizar possíveis estresses ao longo do período experimental (Figura 9).

Figura 9 – Adubação com base no aminoácidos Agross (A) e inseticida biológico à base de *Bacillus thuringiensis* (HizoBio) utilizado no manejo fitossanitário das culturas na área experimental (B).



Fonte: Pinto, 2025.

As análises foram conduzidas entre os meses de junho e outubro, enquanto o corte do feijão-fava foi realizado no dia 29 de julho, período em que o grãos já estavam secos e as espigas mais que aptas para colheita, além da fava ter atingido o seu estágio de florescimento.

4.4 Coletas de Dados

As coletas foram realizadas três vezes por semana, sempre às terças-feiras, quintas-feiras e sábados, por volta das 08h da manhã. A escolha do horário foi visando uma maior padronização dos dados avaliados, como apresentado na Tabela 1. A escolha do horário das 8 horas da manhã para a medição da temperatura do solo foi feita com o objetivo de reduzir a interferência das variações térmicas ao longo do dia e garantir maior padronização dos dados. Segundo Bergamaschi e Guadagnin (1993), as primeiras horas da manhã representam um período em que o solo ainda não sofreu influência direta do pico de radiação solar, apresentando temperaturas mais estáveis e próximas do equilíbrio térmico noturno.

Além disso, Medeiros et al. (2005) destacam que medições realizadas em horários fixos e no início do período diurno minimizam a variabilidade causada pela radiação solar,

vento e evaporação, permitindo comparações mais consistentes entre tratamentos. Dessa forma, a realização das coletas às 8h possibilitou a obtenção de dados mais confiáveis, reduzindo oscilações extremas e favorecendo a análise do efeito da cobertura vegetal e do sistema de cultivo sobre a temperatura do solo.

Tabela 1 – Rotina de coletadas realizadas ao longo do experimento.

Dia da semana	Horário aproximado	Frequência	Procedimentos realizados
Terça-feira	08h	Semanal	Posicionamento dos medidores na aérea central; espera pela estabilização; coleta dos dados
Quinta-feira	08h	Semanal	Repetição dos procedimentos de posicionamento e coleta de dados.
Sábado	08h	Semanal	Repetição dos procedimentos de posicionamento e coleta de dados.

Fonte: Pinto, 2025.

As medições de temperatura do solo foram realizadas utilizando-se três medidores digitais de temperatura do solo, da marca B-Max, sendo empregado um equipamento por parcela experimental (Figura 10). Os medidores foram posicionados manualmente nos pontos centrais de cada parcela, nas profundidades de 10 cm e 20 cm, garantindo a representatividade das condições térmicas de cada tratamento. Após a inserção dos sensores no solo, aguardou-se um período para a estabilização das leituras, procedendo-se em seguida ao registro dos valores de temperatura.

Figura 10 – Representação da utilização do monitor digital do solo.



Fonte: Pinto, 2025.

Para cada coleta, os medidores eram colocados manualmente em pontos centrais pré estabelecidos em cada parcela. Após a inserção, esperava-se alguns minutos para estabilização dos sensores, e então posteriormente as medidas eram coletadas. As coletas prosseguiram do mês de junho até o mês de outubro, coletando informações tanto de quando ainda tinha o plantio, como ao logo do processo de decomposição do milho e do feijão-fava.

Os dados climáticos utilizados no estudo foram obtidos junto à Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão (SEMA), por meio das notas técnicas e informes meteorológicos emitidos pelo Centro de Prevenção de Desastres Ambientais (CPDAm). Essas informações foram empregadas para caracterizar as condições ambientais predominantes durante o período experimental, incluindo aspectos relacionados à precipitação pluviométrica e ao comportamento térmico regional. A utilização desses dados permitiu contextualizar os resultados obtidos de temperatura do solo, auxiliando na interpretação das variações observadas ao longo das semanas de avaliação e na relação entre o manejo das culturas e as condições climáticas vigentes.

4.5 Análise Estatística

Os dados obtidos foram organizados em planilhas eletrônicas e posteriormente submetidos à análise estatística, considerando o delineamento experimental em blocos casualizados. Inicialmente, realizou-se a análise de variância (ANOVA) para verificar a existência de diferenças significativas entre os tratamentos avaliados.

Quando constatada significância estatística, procedeu-se à comparação das médias pelo teste de Tukey, adotando-se nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$). As análises estatísticas

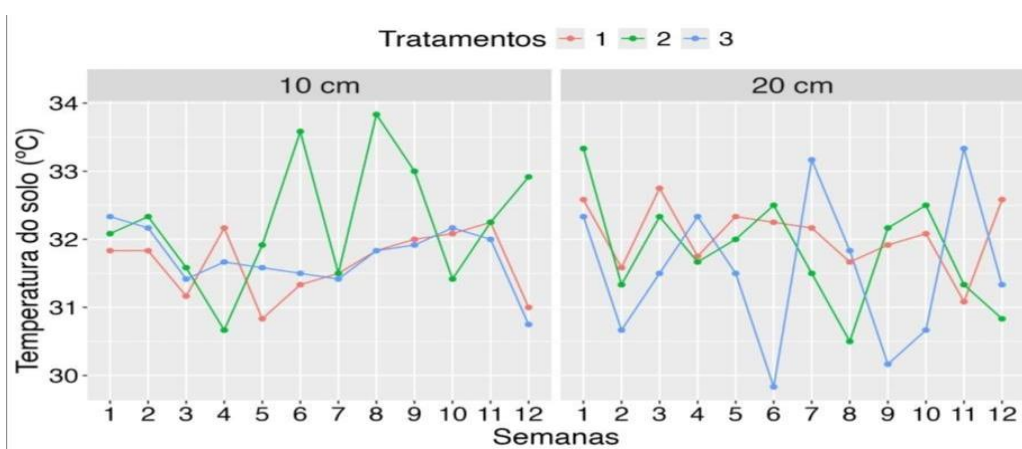
foram conduzidas no software R (versão 4.4.3), com auxílio do pacote ExpDes.pt. Para cada repetição, foram consideradas três leituras de temperatura, sendo utilizado o valor médio para as análises.

A construção dos gráficos e a organização dos resultados também foram realizadas no ambiente R, considerando os tratamentos e suas respectivas repetições, enquanto as profundidades foram utilizadas exclusivamente para fins de coleta e interpretação dos dados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação das temperaturas ao longo das semanas permitiu compreender o comportamento da temperatura do solo sob diferentes tratamentos avaliados, assim a partir dos dados obtidos foi possível observar padrões distintos entre os tratamentos e as profundidades, permitindo discutir os resultados a partir das literaturas sobre variações térmicas no solo com e sem cobertura (Figura 11).

Figura 11 – Variação semanal da temperatura do solo nas profundidades de 10 cm e 20 cm sob três tratamentos: Tratamento 1 – Milho solteiro; Tratamento 2 – Milho com fava a 1 m; Tratamento 3 – Milho com fava a 0,5 m, ao longo de 12 semanas.



Fonte: Pinto, 2025.

Observa-se, na Figura 11, que a temperatura do solo apresentou oscilações ao longo do período experimental, principalmente na camada de 0–10 cm, caracterizada por maior exposição às condições ambientais. No entanto, de acordo com a análise de variância (ANOVA), não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos nessa profundidade ($p > 0,05$), indicando que as variações térmicas observadas foram predominantemente influenciadas por fatores climáticos externos.

Em contrapartida, na profundidade de 10–20 cm, a temperatura do solo apresentou comportamento mais estável ao longo das semanas, com menor amplitude térmica. Nessa

camada, foram observadas diferenças estatísticas pontuais entre os tratamentos em semanas específicas, conforme identificado pela análise estatística, embora tais diferenças não tenham seguido um padrão contínuo ao longo do experimento.

No início das análises, as condições climáticas já refletiam o avanço da estação seca em São Luís do Maranhão. Segundo a Secretaria de Meio ambiente e Recursos Naturais do Maranhão (SEMA, 2025), no início do mês de junho a cidade registrava volumes de chuva abaixo da média histórica, além de apresentar uma redução na influência da Zona de Convergência Intertropical, o que aumentava a incidência de radiação na superfície e, consequentemente, contribuía para uma maior variabilidade térmica nas camadas superficiais do solo.

Esse resultado está de acordo com o que foi tratado por Bergamaschi e Guadagnin (1993), que descreve as camadas superficiais como suscetíveis a variabilidade térmica em função do ambiente, o que reduz a capacidade estatística de detectar diferenças entre os tratamentos. Em razão dessa oscilação, os efeitos da cobertura vegetal tendem a ser “mascarados”, dificultando a observação de algum padrão bem definido na camada superior.

A ocorrência de temperaturas mais elevadas na camada superficial do solo (0–10 cm), quando comparada à profundidade de 10–20 cm, é um comportamento esperado e amplamente descrito na literatura. As camadas mais superficiais do solo são diretamente influenciadas pela radiação solar incidente, apresentando maior absorção de energia térmica ao longo do dia, o que resulta em amplitudes térmicas mais elevadas. Segundo Bergamaschi e Guadagnin (1993), a temperatura do solo diminui progressivamente com o aumento da profundidade, em razão da atenuação da transferência de calor e da maior inércia térmica das camadas subsuperficiais.

Além disso, Reichardt e Timm (2012) destacam que a condução de calor no solo ocorre de forma gradual, fazendo com que o aquecimento nas camadas mais profundas seja retardado e menos intenso, especialmente em períodos de elevada radiação e baixa cobertura vegetal. Dessa forma, valores próximos a 34 °C registrados na profundidade de 10 cm refletem a maior exposição dessa camada às condições atmosféricas, enquanto a profundidade de 20 cm apresenta temperaturas mais estáveis e inferiores, por estar menos sujeita às variações térmicas diárias.

Adicionalmente, em períodos de estiagem ou redução da umidade do solo, como observado durante a condução do experimento, a dissipação de calor nas camadas superficiais torna-se menos eficiente, intensificando o aquecimento do solo próximo à superfície (Oliveira e Borozzino, 2018). Assim, a diferença de temperatura observada entre as profundidades de 10

cm e 20 cm é consistente com os processos físicos de transferência de calor no solo e não indica inconsistência nos dados obtidos.

A Tabela 2 apresenta o resumo da análise de variância (ANOVA) da temperatura do solo para os diferentes tratamentos avaliados, considerando as profundidades de 0–10 cm e 10–20 cm. Os resultados evidenciam que, na camada superficial do solo, não houve efeito significativo dos tratamentos ao longo do período experimental ($p > 0,05$), indicando predominância da influência das condições ambientais sobre a variação térmica. Em contrapartida, na profundidade de 10–20 cm, a ANOVA apontou ocorrência de significância estatística em semanas específicas ($p \leq 0,05$), sugerindo que, em condições de maior estabilidade térmica, o sistema de cultivo pode exercer influência pontual sobre a temperatura do solo.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância (ANOVA).

Profundidade	Fonte de variação	GL	Fc	p-valor	Significância
0–10 cm	Tratamentos	2	0,12 – 2,89	$> 0,05$	Ns
0–10 cm	Blocos	3	0,08 – 1,64	$> 0,05$	Ns
0–10 cm	Resíduo	6	—	—	—
10–20 cm	Tratamentos	2	significativo*	$\leq 0,05$	*
10–20 cm	Blocos	3	—	$> 0,05$	Ns
10–20 cm	Resíduo	6	—	—	—

Fonte: Pinto, 2025.

Na Tabela 3 temos a representação das semanas em que ocorreram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade. As semanas 6, 7, 10 e 12 de mostram significância, porém essas diferenças ocorreram de forma pontual, sem seguir um padrão contínuo ao longo do experimento. Ao longo de algumas semanas observou-se que o tratamento 2, representando milho com fava de 1 m de espaçamento, apresentou temperaturas ligeiramente inferiores em relação aos demais tratamentos. O tratamento 3 (milho + fava 0.5 m), embora representasse uma condição com mais cobertura vegetal, não apresentou um comportamento térmico claramente distinto.

Nas semanas correspondentes ao mês de julho, os registros climáticos do estado de São Luís ainda apresentava ocorrência de chuvas, mas com intensidade reduzida e incidência irregular, características da seca regional. Além disso, de acordo com informações do CPDAm (2025), as previsões apontavam para uma tendência de temperaturas elevadas, associadas variações positivas em diversas localidades do estado. Essas condições contribuem para explicar por que o efeito moderador foi perceptível apenas em momentos específicos, tendo em vista que as oscilações térmicas da superfície podem ocorrer mesmo em meses que ainda registram um certo volume de precipitação.

Tabela 3 – Semanas com significância pelo teste de Tukey (5%).

Tratamentos	6º Semana	7º Semana	10º Semana	12 Semana
1	32,25 a	32,17 ab	32,08 ab	32,58 a
2	32,5 a	31,5 b	32,5 a	30,83 b
3	29,83 b	33,17 a	30,67 b	31,34 ab
	P = 0,004	P = 0,037	P = 0,020	P = 0,023

Fonte: Pinto, 2025.

Em contrapartida, as diferenças observadas na profundidade de 20 cm indicam que a cobertura vegetal tornou-se perceptível quando os efeitos das oscilações foram estabilizados, principalmente no tratamento 2. Segundo Oliveira e Borozzino (2018), a capacidade de plantas de cobertura reduzirem temperaturas do solo torna-se mais evidente em camadas mais profundas. Os autores destacam ainda que essa diminuição na temperatura se dá em razão da interceptação de radiação solar, ao sombreamento proporcionado pelas cultivares e ao aumento da umidade da superfície.

No presente trabalho, a fava provavelmente exerceu o efeito moderador da temperatura em determinados momentos, sem manter a continuidade. Guilherme *et al.* (2016) ainda destaca que a modulação térmica proveniente da vegetação depende diretamente do volume de biomassa acumulada e do grau de cobertura no solo, tendo em vista que quando a vegetação é descontínua ou apresenta falhas, o efeito de redução térmica pode ser reduzido ou inconsistente.

Ao considerar os meses o período de tempo entre julho a setembro verifica-se que o comportamento térmico apresentado pelos tratamentos coincide com a intensificação do período de estiagem no estado. Relatórios do Monitor de Seca, publicados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2025), indicam que grande parte do estado encontrava-se sob condições de seca moderada a grave, o que intensifica o aquecimento em áreas com menor índice de cobertura vegetal.

Segundo dados apresentados pela Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Naturais no Maranhão (2025), o mês de outubro, que representa as semanas finais do estudo, apresentou ausência total de chuvas até a primeira quinzena, além disso o boletim destaca variações positivas de temperaturas que poderiam atingir até mais de 2 °C em algumas regiões do estado, além de baixos teores de umidade relativa. Esse cenário contribui para intensificar o aquecimento do solo, principalmente em áreas sem cobertura vegetal, o que está de acordo com a estabilidade térmica observada nos tratamentos que incluíam a presença de fava.

Sendo assim, apesar da significância ter ocorrido de modo pontual, observa-se que houve diferenças, os tratamentos com fava em espaçamento de 1 m tenderam a apresentar

temperaturas menores. Esse comportamento está em conformidade com os estudos levantados por Oliveira e Borozzino (2018) e de Guilherme *et al.* (2016), que abordam a redução de temperatura do solo quando se tem uso de cobertura, em razão da interceptação de radiação e à maior umidade do superficial.

6. CONCLUSÃO

A presente análise permitiu compreender de forma mais clara como o consórcio entre culturas como o milho e o feijão-fava pode influenciar na dinâmica térmica superficial do solo, especificamente em um Argissolo. Os resultados obtidos demonstraram que embora a camada de 10 cm tenha apresentado uma oscilação, dificultando as análises estatística, a profundidade de 20 cm mostrou-se mais estável e responsiva as alterações promovidas pelo manejo. Indicando que diante a menor variabilidade observada nessa profundidade proporcionaram efeitos cumulativos mais evidentes em camadas intermediárias do solo.

Além disso, o comportamento observado ao longo das semanas refletiu não apenas nos diferentes efeitos dos tratamentos, mas também as condições climáticas presentes durante o período experimental. As informações mostram que os meses de junho e julho foram marcados por uma redução expressiva das chuvas e pelo aumento das temperaturas, o que favoreceu uma maior variação térmica. Já os dados referentes aos meses de setembro e outubro evidenciam que a estiagem prolongou e que as temperaturas permaneceram acima da média, aumentando a exposição do solo e destacando a importância da cobertura vegetal na moderação térmica diante dos períodos de seca.

A análise comparativa com estudos indicou que a irregularidade das diferenças térmicas na camada superficial é comum em ambientes tropicais, onde fatores como chuva, vento, radiação solar geram grande variação diária. Dessa forma, a ausência de significância não anula os resultados, mas reforça a complexidade do microclima do solo e a necessidade de considerar diferentes fatores que interferem no comportamento térmico, como a biomassa, a umidade e o sombreamento.

De modo geral, o estudo alcançou seus objetivos ao monitorar e comparar a temperatura do solo em diferentes condições de cultivo, evidenciando que o uso de leguminosas como cobertura vegetal e em consórcio pode contribuir, mesmo que de forma pontual, para redução e térmica e para um ambiente mais favorável ao estabelecimento da cultura do milho. O estudo reforça a importância dos sistemas diversificados e a necessidade de mais estudos com durações maiores, maior volume de biomassa ou diferentes tipos de culturas para serem manejadas como cobertura do solo, afim de aprofundar o entendimento sobre seus efeitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2001.
- ANDRADE, J. A.; F. G. Influência da temperatura e do teor de umidade do solo na área foliar e acumulação de matéria seca durante o estabelecimento da ervilha, do milho e do girassol. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 28, p. 27-37, 2007.
- ANTUNES, J. E. L. et al. Eficiência simbiótica de isolados de rizóbio noduladores de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 751–757, 2011
- ANTUNES, J.E.L. Diversidade genética e eficiência simbiótica de isolados de rizóbios nativos em feijão fava (*Phaseolus lunatus* L.). Teresina, Universidade Federal do Piauí, 2010. 109p. (Dissertação de Mestrado).
- BAYER, C. et al. Estabilização do carbono no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na agricultura conservacionista. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 7, p. 55–118, 2011.
- BERTOL, O. J. Diagnóstico do uso do solo no Paraná. In: REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO, 2, 2011, Curitiba. **Resumos... SBSCS**, 2011. P. 269-272.
- CALVIN, K., et al. Há, M. (2023). IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report Of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. (P. Arias, M. Bustamante, I. Elgizouli, G. Flato, M. Howden, C. Méndez-Vallejo, J. J. Pereira, R. Pichs-Madruga, S. K. Rose, Y. Saheb, R. Sánchez Rodríguez, D. Ürge-Vorsatz, C. Xiao, N. Yassaa, J. Romero, J. Kim, E. F. Haites, Y. Jung, R. Stavins, ... C. Péan, Eds.). AR6 Synthesis Report – Climate Change 2023. IPPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>.
- CARDOSO, M. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RIBEIRO, V. Q. Desempenho do consórcio feijão-mungo e milho em diferentes densidades de plantas. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Meio-Norte**, n. 155, p. 1–16, 2023.
- CRUZ, J. C. Produção de Milho na Agricultura Familiar. **Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo**, 2006. 20 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 84). Disponível em:

<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/905143/1/circ159.pdf> Acesso em: 16 jun. 2025.

DUARTE, J.O.; GARCIA, J.C.; MIRANDA, R.A. Economia da produção. **Sistema de Produção Embrapa.** Disponível em :<
https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao16_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_76293187_sistemaProducaoId=7905&p_r_p_996514994_topicoId=8659>. Acesso em: 23 jun. 2025.

ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; LOVATO, T. Apostila de manejo e conservação do solo. **Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria**, 2005.

EMBRAPA MILHO E SORGO. Cultivo do milho. Sistema de Produção, n. 2, 6. Ed., versão eletrônica. Set. 2010. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf>.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; *et al.* Adubação verde com leguminosas. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2005. 49 p.

FANCELLI, A. L. Manejo baseado na fenologia aumenta eficiência de insumos e produtividade. **Visão Agrícola**. n 13. p 24-29. jul./dez. 2015. Disponível em:
https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Fisiologia-artigo2.pdf.
 Acesso em: 19 Jun. 2025.

IDSO, S.B.; BAKER, D.G., GATES, M.O. The energy environment of plants. **Advances in Agronomy**. 18:171-217. 1966.

LAROCA, J. V. D. S.; *et al.* Qualidade do solo e produtividade de soja em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 11, p. 1249-1259, 2018.

MARANHÃO. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA. **Nota Técnica nº 80/2025 – Previsão Meteorológica**. São Luís, 05 jun. 2025. Centro de Prevenção de Desastres Ambientais – CPDAm.

MARANHÃO. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA. **Nota Técnica nº 93/2025 – Previsão Meteorológica**. São Luís, 23 jul. 2025. Centro de Prevenção de Desastres Ambientais – CPDAm.

MARANHÃO. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA. **Nota Técnica nº 115/2025 – Informe Meteorológico**. São Luís, 15 out. 2025. Centro de Prevenção de Desastres Ambientais – CPDAm.

MEDEIROS, C. A. B. et al. Interações solo–planta–atmosfera e o microclima agrícola. **Pelotas: Embrapa Clima Temperado**, 2005.

MEDEIROS, S. S. et al. Microclima do solo sob diferentes coberturas. **Engenharia Agrícola**, 2005.

MENG, A.; WEN, D.; ZHANG, C. Maize seed germination under low-temperature stress impacts seedling growth under normal temperature by modulating photosynthesis and antioxidant metabolism. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 1–13, 2022. DOI: 10.3389/fpls.2022.843033.

MONTENEGRO, A. A. A. et al. Impacto da cobertura morta na dinâmica do solo e da água sob chuva simulada intermitente. **Catena**, v. 109, p. 139–149, 2013.

NOVAK, E.; et al. Variação temporal dos atributos microbiológicos do solo sob diferentes usos. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 3, p. 603-611, 2018. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA17300>.

NUNES, José Alfredo. Trocas gasosas e componentes do rendimento do milho consorciado com fava no Brejo Paraibano. 2019. 34 f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade da Paraíba**, Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2019.

OLIVEIRA, Dalziza de; BORROZINO, Edmirson. Temperatura do solo sob três condições de cobertura em Londrina, Paranavaí e Guarapuava, no estado do Paraná. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 26, n.1, p. 131-137, jul. 2018.

PEGADO, C.M.A.; et al. Decomposição superficial e subsuperficial de folhas de fava (*Phaseolus lunatus* L.) na região do brejo da Paraíba, Brasil. **Caatinga**, 21:218-223, 2008.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D. Crescimento e desenvolvimento de milho: Efeito da temperatura na duração e na taxa de crescimento de grãos. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2003. 24 p. html (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 15). Disponível: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_bp15.htm. Acesso em: 17 mai. 2025.

RODRIGUES, Osmar et al. Crescimento e desenvolvimento de milho: efeito da temperatura na duração e na taxa de crescimento de grãos. **Embrapa Trigo**, 2003.

ROSSET, J. S.; COELHO, G. F.; GRECO, M.; STREY, L.; GONÇALVES JUNIOR, A. C. Agricultura convencional versus sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas. **Scientia Agraria Paranaensis**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 80–94, 2014. DOI:10.18188/sap.v13i2.7351. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/7351>. Acesso em: 21 dez. 2025.

RUSINAMHODZI, L. et al. A meta-analysis of long-term effects of conservation agriculture on maize grain yield under rain-fed conditions. **Field Crops Research**, v. 132, p. 1–10, 2012. DOI: 10.1016/j.fcr.2011.10.002.

SANS, Luiz Marcelo Aguiar. Influência dos atributos climáticos na implantação do milho e sorgo em safrinha. In: X Seminário Nacional de Milho Safrinha. [S. l.]: **Agroconsult Ltda.**, 2005. P. 67-74.

SANTOS, D.; et al. Produtividade e morfologia de vagens e sementes de variedades de fava no estado da Paraíba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37:1407-1412, 2002.

SANTOS, Fabiana do Nascimento. Qualidade do solo em cultivos consorciados de fava em agroecossistemas familiares no Agreste da Paraíba. 2015. 110 f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, **Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo**, Areia, 2015.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. Ed. Ver. E ampla. Brasília, DF: **Embrapa**, 2018. 356 p. ISBN 978-85-7035-800-4.

SILVA J.M.; CHAVES FILHO J. T.; FERREIRA A. DE M. Concentração de carboidratos solúveis em folhas de *Phaseolus lunatus* L. em relação ao sombreamento. **Revista Estudos**, 37: 403-417, 2010.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. Temperaturas e potenciais hídricos em consórcio de milho e leguminosas. **Embrapa**, 1988.

SULLIVAN, G.H.; DAVENPORT, L.R. In: JANICK, J.; SIMON, J.E. (Eds.). Dry edible Beans: a new crop opportunity for the east north central region. New York: **Wiley**, 1993. p.585-588.

VAREJÃO-SILVA, M. A.; BARROS, A. H. C. Aptidão Climática In Zoneamento Agroecológico do Estado De Pernambuco. **EMBRAPA Solos**, UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária). Recife, 2001. (CD-ROM.- EMBRAPA Solos. Documentos; n. 35).

VIEIRA, R. F.; VIEIRA, C. Comportamento de feijões dos gêneros *Vigna* e *Phaseolus* no Consórcio com milho plantado simultaneamente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 31:781-787, 1996.

BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M. R. Agrometeorologia aplicada à agricultura. Porto Alegre: **Editora da UFRGS**, 1993. 93 p.

OLIVEIRA, D. R.; BORROZZINO, E. Influência da cobertura vegetal na temperatura e umidade do solo em ambiente tropical. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 6, p. 2193–2207, 2018.

GUILHERME, A. P. et al. Uso de índice de vegetação para caracterizar a mudança no uso do solo em Coari-AM. **Soc. Nat.**, Uberlândia, v. 28, n. 2, p. 301-310, ago. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1982451320160209.INST>.