

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

GABRIEL LUCAS SILVEIRA DA COSTA

**EFEITO DA MELATONINA NA REDUÇÃO DA DEMANDA DE NITROGÊNIO
SOBRE OS ASPECTOS FISIOLÓGICOS NO FEIJOEIRO COMUM**

Monte Carmelo

2023

GABRIEL LUCAS SILVEIRA DA COSTA

**EFEITO DA MELATONINA NA REDUÇÃO DA DEMANDA DE NITROGÊNIO
SOBRE OS ASPECTOS FISIOLÓGICOS NO FEIJOEIRO COMUM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Douglas José Marques

Monte Carmelo

2023

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

C837 Costa, Gabriel Lucas Silveira da, 1999-
2023 EFEITO DA MELATONINA NA REDUÇÃO DA DEMANDA DE
NITROGÊNIO SOBRE OS ASPECTOS FISIOLÓGICOS NO FEIJOEIRO
COMUM [recurso eletrônico] / Gabriel Lucas Silveira da
Costa. - 2023.

Orientador: Douglas José Marques.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em
Agronomia.

Modo de acesso: Internet.

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Marques, Douglas José, 1980-,
(Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia.
Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

GABRIEL LUCAS SILVEIRA DA COSTA

**EFEITO DA MELATONINA NA REDUÇÃO DA DEMANDA DE NITROGÊNIO
SOBRE OS ASPECTOS FISIOLÓGICOS NO FEIJOEIRO COMUM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Douglas José Marques

Monte Carmelo, 29 de junho de 2023

Banca Examinadora:

DOUGLAS JOSÉ MARQUES
Orientador (a)

ANDRESSA GIOVANNINI COSTA
Membro da Banca

RICARDO FALQUETO
Membro da Banca

Monte Carmelo
2023

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo
estímulo, carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos aqueles que estiveram ao meu lado durante minha jornada acadêmica. Neste momento de conclusão do curso, sinto-me extremamente abençoado por ter contado com o apoio e amor incondicional de Deus, minha família e amigos.

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por me guiar e me fortalecer ao longo desses anos. Sua presença constante e sua graça foram essenciais para minha perseverança e conquistas.

À minha família, em especial ao meu pai Wagner, minha mãe Sandra e meu irmão Wendell, não tenho palavras para expressar minha gratidão. Seu apoio incondicional, incentivo e sacrifícios fizeram toda a diferença em minha jornada. Vocês sempre estiveram lá para me encorajar e me lembrar do valor da educação e do crescimento pessoal. Sou eternamente grato por ter vocês como minha base sólida.

Aos meus amigos, Mariana Eiko, Leticia Benette, Kleysser Ferreira, Cecilia Rios, Gabriel Alves, Antonio Neto, Roberta Espindula e Barbara Araujo, cada um de vocês trouxe uma luz especial à minha vida. Suas palavras de incentivo, companheirismo e momentos de descontração foram essenciais para manter meu equilíbrio emocional durante os desafios acadêmicos. Agradeço por todas as memórias compartilhadas e por sempre estarem presentes.

E, por fim, ao meu orientador, Douglas Marques, meu profundo agradecimento pela orientação, conhecimento e paciência ao longo desta jornada. Sua dedicação em compartilhar sua expertise e incentivar meu crescimento acadêmico foi inestimável. Sou grato pela oportunidade de ter sido orientado por alguém tão comprometido e inspirador.

A todos que mencionei e a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a minha formação, meu mais sincero obrigado. Essa conquista não teria sido possível sem cada um de vocês. Que possamos continuar a caminhar juntos, enfrentando novos desafios e celebrando futuras conquistas.

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

RESUMO

A melatonina tem sido utilizada como regulador do crescimento das plantas, ela supostamente participa de vários processos regulatórios e do desenvolvimento das plantas. O nitrogênio é o nutriente do qual o feijoeiro possui uma demanda maior durante esse ciclo, sabe-se que este nutriente é sinônimo de produtividade e qualidade de grãos. Assim o objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficiência da aplicação da melatonina na redução da dose do nitrogênio sobre os aspectos fisiológicos no feijoeiro comum. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial, os tratamentos foram constituídos de melatonina (presença= +*Met* e ausência= -*Met*) em cinco concentrações de nitrogênio (0, 150, 300, 450, 600 kg N ha⁻¹), resultando 10 tratamentos em três repetições. No experimento foram avaliados os parâmetros índice SPAD, pigmentos e trocas gasosas. Conclui-se com a pesquisa que a presença de melatonina mostrou efeitos positivos no aumento da massa seca, taxa fotossintética transpiração, condutância estomática, pigmentos em comparação com a ausência de melatonina, principalmente em dosagens de 150 N kg ha⁻¹. Portanto, a combinação de nitrogênio na dose de com melatonina pode ser uma alternativa viável para reduzir a necessidade de adubação nitrogenada no cultivo de feijoeiro.

Palavras-chave: Doses; Adubação; *Phaseolus vulgaris*; Feijoeiro comum

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	5
3	OBJETIVOS.....	6
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
4.1	Desenvolvimento do feijoeiro comum.....	6
4.2	Importância econômica do feijoeiro comum.....	9
4.3	Uso do nitrogênio no feijoeiro.....	9
4.3	Uso de melatonina na agricultura.....	10
5	MATERIAL E MÉTODO.....	11
5.1	Local do Estudo.....	11
5.2	O Experimento.....	12
5.3	Avaliação Agronômica.....	16
5.3.1	Pigmentação Fotossintética.....	16
5.3.2	Fisiologia.....	16
5.3.3	Massa seca.....	17
5.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	17
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	17
7	CONCLUSÃO.....	22
8	REFERÊNCIAS.....	Erro! Indicador não definido.

1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus, sp.*) está entre as principais fontes de proteína vegetal para grande parte da população mundial, sobretudo aquela de baixa renda. O grão dessa leguminosa cultivada em nosso país, é muito importante por sua responsabilidade econômica-social e pela sua demanda de mão de obra durante todo o seu ciclo.

Entre as espécies do gênero o feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*) é a espécie mais utilizada pelos produtores. Seu cultivo é de grande importância para o Brasil, sendo bastante difundido em todo o território nacional, sendo uma cultura de subsistência em pequenas propriedades (Aidar et. al., 2002).

A cultura do feijoeiro demanda nutrientes como o fósforo, o potássio e principalmente o nitrogênio, que é demandado em maior quantidade e que apesar de poder ser obtido de forma natural, a quantidade não é suficiente para atender as necessidades da planta. Necessitando assim de uma complementação a partir da adubação nitrogenada (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

É considerado uma planta exigente em nutrientes devido ao seu ciclo curto e ao seu pequeno e pouco profundo sistema radicular (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994). Dessa forma o maior desafio no manejo do cultivo do feijoeiro é sua relação com o nitrogênio, sabe-se que este elemento está diretamente associado a qualidade, portanto seu uso, quando adequado, pode otimizar as produções e os lucros e, ao mesmo tempo, minimizar possíveis efeitos negativos sobre os solos e o meio ambiente.

Como alternativa para problemas encontrados em plantas, estão sendo realizados diversos estudos com a melatonina (*N-acetil-5-metoxitriptamina*). A melatonina é uma indolamina produzida endogenamente em todo o Reino Vegetal e Animal, cuja concentração nas plantas varia nos diferentes tecidos e de acordo com o estágio de desenvolvimento (REITER et al., 2015). Nas plantas a melatonina é descrita como promotora de tolerância a estresses em plantas, uma vez que sua síntese é indutível nos vegetais quando estes estão expostos a estresses bióticos e abióticos, limitando os estresses oxidativos, pela indução da expressão de genes relacionados a estresses, pela redução da peroxidação lipídica e dos níveis de H₂O₂, e aumento do sistema antioxidante enzimático, ou mesmo quelando metais pesados (ZHANG et al., 2014; REITER et al., 2015). Nos últimos anos, a melatonina mostrou uma tremenda promessa no alívio do estresse hídrico. Estudos demonstraram que o tratamento com melatonina exógena pode melhorar a fotossíntese e aumentar o crescimento de plântulas em milho (HUANG et al., 2019).

Estudos recentes demonstraram que a melatonina desempenha um papel importante na manutenção da taxa fotossintética líquida normal, regulação da transpiração e estabilização da condutância estomática foliar e concentração de CO₂ intercelular (HANSAN et al., 2018). Essas descobertas estão em concordância com estudos anteriores realizados com milho (WANG et al., 2021) e tomate (LIU et al., 2015). Isso evidencia que o tratamento com melatonina aliviou o estresse causado pela seca, reduzindo a inibição da fotossíntese e promovendo um crescimento saudável das plantas de soja durante o período posterior.

Com isso, a hipótese deste trabalho é, considerando a importância do nitrogênio para a cultura do feijoeiro e os recentes estudos quanto ao uso da melatonina, é se ela pode ser uma alternativa para reduzir a necessidade de adubação nitrogenada, e assim reduzir a demanda desse nutriente sobre a perspectiva dos aspectos fisiológicos.

3 OBJETIVOS

A pesquisa teve como objetivo avaliar a eficiência da aplicação da melatonina na redução da demanda de adubação nitrogenada durante o desenvolvimento do feijoeiro comum.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Desenvolvimento do feijoeiro comum

O gênero *Phaseolus* tem sua origem nas Américas e porta cerca de 55 espécies, dos quais cinco são cultivadas, sendo o feijoeiro comum o mais cultivado e importante, por ser a espécie que tem um histórico de implantação maior, e a mais utilizada e cultivada nos cinco continentes (GEPTS; DEBOUCK, 1991; MOÇAMBIQUE, 2010;)

Sendo uma planta composta sistema radicular com raiz primária e raízes basais e adventícias no solo, acima deste, um caule que porta as folhas e os ramos. Suas partes podem ser vistas detalhadamente em plantas com maior tempo de desenvolvimento, partes como: raiz, caule, haste principal, folha e hastes auxiliares, inflorescência, fruto e sementes (OLIVEIRA; KLUTHCOUSKI, 2009)

Segundo Leon (1968) e Vieira et al., (2013), sua raiz cresce a partir da radícula, que tem origem no embrião, sua estrutura primária é simples, e apresenta de fora para dentro as seguintes camadas: epiderme, parênquima cortical, endoderme, periciclo e tecidos vasculares (xilema e floema). Já seu caule é do tipo herbáceo, classificado morfológicamente como haste, o maior

ou menor desenvolvimento do caule, a duração e o grau de lignificação são os que tem mais influência no aspecto vegetativo da planta.

A disposição das folhas no caule é conhecida como filotaxia, em que cada folha se origina de um nó, e normalmente são alternadas com folhas em duas fileiras com ângulo de divergência de 180° , as folhas do feijão são de dois tipos, simples e compostas. Em seu processo de inflorescência, temos flores que se agrupam em ráculos, a partir de gemas floríferas, e em algumas vezes de gemas mistas, cada flor do feijoeiro apresenta uma bráctea e duas bractéolas, estas na base do pendúlo floral. As flores são papilionadas. Em relação ao fruto, e a semente do feijoeiro comum temos que seu fruto é uma vagem, ou seja, possui um só carpelo, seco, deiscente, zigomorfo, aplanada, reta ou encurvada, com ápice encurvado ou reto e sua coloração que pode variar de acordo com a cultivar, de verde uniforme a arroxeadada ou quase negra. Já a semente, elas são do tipo exalbuminada, ou seja, não possui albume, suas reservas nutritivas são concentradas nos cotilédones, onde estas apresentam formas variadas, desde esféricas a quase cilíndrica (SANTOS et al., 2015).

Quanto ao desenvolvimento da planta Vieira et al., (2013) diz que, as etapas de desenvolvimento da planta de feijão se dividem em duas, fase vegetativa e reprodutiva. Essas por si se subdividem, sendo a fase vegetativa (V), composta pelas etapas V0, V1, V2, V3 e V4 e a reprodutiva (R) em R5, R6, R7 e R8, conforme a Figura 1. A fase vegetativa se inicia em V0, quando a semente é colocada para germinar, ou seja, o dia da semeadura em solo úmido ou em um solo seco, quando ocorre a primeira chuva ou irrigação, para a emergência da plântula a mesma, dura em torno de 5 dias.

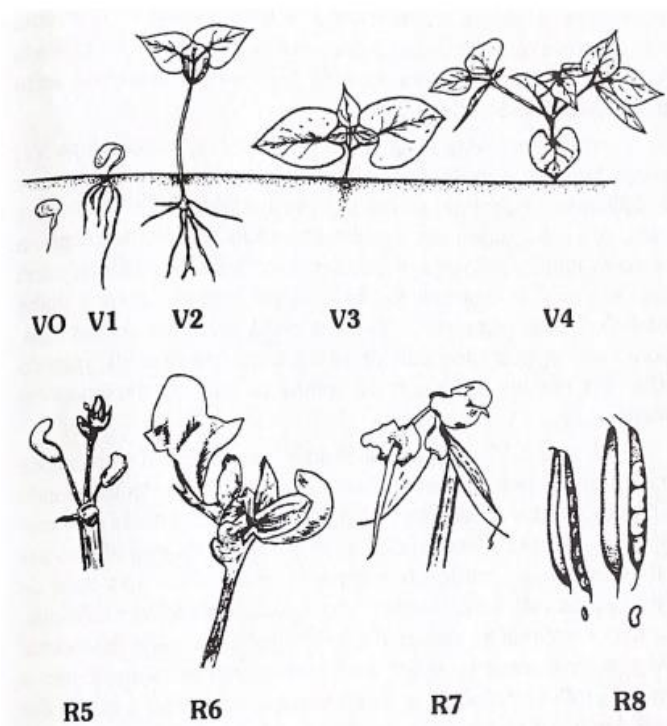


Figura 1. Etapas de desenvolvimento de uma planta de feijão Fonte: Vieira et al., (2013)

No que se refere-a “V1” esta é a fase da emergência, quando acontece o surgimento do hipocótilo encurvado na superfície do solo, constata o início da emergência quando 50% dos cotilédones estão emergidos na superfície do solo e o final da etapa é quando as folhas primárias se afastam e abrem, marcando assim o início da etapa V2. Nessa etapa, as folhas primárias e unifoliadas estão em posição horizontal, essa etapa termina quando a folha trifoliada, situada no terceiro nó da planta, está completamente aberta, essa fase dura cerca de quatro dias. Acerca da etapa de V3, temos que a folha trifoliada ainda está abaixo das folhas primárias, já que o internódio entre essas duas folhas ainda está curto, assim como o pecíolo da folha trifoliadas, com o crescimento desses órgãos, a primeira folha trifoliada passa a se arranjar sobre as folhas primárias. O período gasto nessa etapa varia de cinco a nove dias e acaba quando a segunda folha trifoliada já cresceu e a terceira se abre, posicionando sob a primeira. Em V4 temos o incremento das primeiras hastes secundárias, cujo números e seus tamanhos alteram, dependendo do cultivar e do ambiente em que é cultivado, essa etapa dura em torno de 7 a 15 dias e seu final é marcado pelo início da etapa R5, ou seja, quando ocorre a primeira inflorescência (VIEIRA et al., 2013).

A primeira etapa da fase reprodutiva, chama de R5, ou pré-floração, se prolonga até a abertura da primeira flor, perdurando cerca de dez dias. A floração, ou R6, se inicia com a abertura da primeira flor e acaba com a queda da corola, sujeitando a primeira vagem em início

de desenvolvimento, considera-se que está na fase R6 quando 50% das plantas possuem a primeira flor aberta, e essa etapa perdura em torno de quatro a cinco dias. A fase da formação das vagens, chamada de R7, se inicia com o fim da fase R6, durante essa fase ocorre o crescimento longitudinal das vagens até que atinjam seu comprimento máximo, com uma duração de cerca de oito dias. E nos últimos, estádios temos as fases R8 e R9, em que R8 é a etapa de enchimento das vagens, em que as sementes exibem o crescimento mais pronunciado, até atingirem seu tamanho final, sua duração tem a variação entre 18 a 24 dias, conforme a cultivar, e o final da sua etapa é verificado pela mudança de coloração dos grãos, de verde para a cor correspondente do cultivar. E para a última fase, R9, chamada de maturação, que compreende desde o início da descoloração das vagens, amarelecimento e queda das folhas até a seca total da planta, durando cerca de 15 dias. Isso ocorre por conta do teor de umidade das sementes, que chegam a 15%, e evidenciando quando se deve começar a colheita.

4.2 Importância econômica do feijoeiro comum

O Brasil é o quarto maior produtor e o maior consumidor de feijão comum (*Phaseolus vulgaris L.*) no mundo, com ênfase no estado do Paraná, como o estado com a maior produção (VIEIRA et al., 2006). Ele é o alimento básico da dieta do brasileiro, com um consumo de 17,8 kg por habitantes no ano, o que dá ao Brasil esse título de maior consumidor e produtos, extrapolando assim, o aspecto econômico, já que tem uma importância quanto ao fator de segurança alimentar e nutricional e sua importância cultural na culinária de diversos países e culturas (MELO, 2009; BARBOSA; GONZAGA, 2012).

O feijoeiro comum é o mais cultivado entre os (*Phaseolus vulgaris L.*), cultivado em 121 países ao redor do mundo, cujo a produção ultrapassa os 20 milhões de toneladas, em uma área de 25,6 hectares. Ele é considerado como uma das principais culturas de grãos brasileiras, cujo maiores produtores são Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e Bahia. Entre as regiões, o Nordeste tem área maior que a soma das áreas de Sul, Sudeste e Centro-Oeste (1,46 milhão de hectares contra 1,38 milhão de hectares) (COELHO, 2021).

4.3 Uso do nitrogênio no feijoeiro

O nitrogênio (N), demandado em maior quantidade pelos cultivos agrícolas, está intimamente relacionado com a produtividade e qualidade de grãos. Dentre os elementos essenciais, é considerado um dos principais fatores limitantes na produtividade do feijoeiro e

de outras culturas. Neste sentido o uso de práticas de manejo como cobertura do solo são fundamentais para um bom desenvolvimento da cultura (VIEIRA, 2017).

O feijoeiro é um grão que possui como característica um sistema radicular reduzido e pouco profundo, e que apresenta um ciclo curto, ou seja, de 90 a 100 dias, em razão desse ciclo exige bastante nutrientes e nutrientes prontamente disponíveis (OLIVEIRA et al., 1996). O nutriente é o mais extraído pelo feijoeiro, com extração e a exportação de N do feijoeiro comum é de aproximadamente 36,5 e 32,1 kg de N por t de grãos produzida, respectivamente. De forma geral, a exportação desse nutriente para os grãos é aproximadamente de 88% do total acumulado na parte aérea (FAGERIA et al., 2015). (FAGERIA et al., 2015).

Esse elemento compõe proteínas e moléculas importantes como a clorofila. O suprimento de N está relacionado ao aumento da fotossíntese, crescimento e duração de folhas, quantidade e tamanho dos órgãos vegetativos e reprodutivos, e produção de biomassa (MARSCHNER, 2012). Apesar da cultura do feijoeiro ser fixadora de N devido, a simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, esse processo é insuficiente para suprir a exigência da cultura (FAGERIA et al., 2014).

Por sua quantidade de absorção, a aplicação do N deve ocorrer de forma correta quanto a dose e a época, de forma que se verifique vantagens para o aumento do número das vagens, até o início do florescimento, assim como uma boa nutrição (CARVALHO et al., 2001).

Com isso temos que, para a cultura do feijoeiro comum, a fixação biológica de N na cultura é extremamente eficiente, o que pode levar em uma redução dos custos de produção e os impactos ambientais causados pela dinâmica de perdas do nitrogênio (VARGAS et al., 2004; CASSINI; FRANCO, 2011 apud DIAS, 2017).

4.3 Uso de melatonina na agricultura

A melatonina (N-acetil-5-metoxitriptamina) é uma molécula de sinalização de baixo peso molecular. Está presente em todos os organismos vivos, dos animais às plantas. Em plantas, a melatonina atua como um promotor de resistência ao estresse e inibe os danos oxidativos, regulando positivamente a expressão de genes responsivos ao estresse, induzindo a atividade de enzimas antioxidantes e mantendo o estado redox das células. Estudos sobre fitomelatonina sugerem que a melatonina pode proteger as plantas do estresse abiótico induzido por alta temperatura, frio, salinidade, seca, alimentação, radiação ultravioleta, metais pesados e poluentes químicos (HASAN et al., 2018).

A aplicação exógena de melatonina melhora a proteção contra vários estresses ambientais, como estresse por metais pesados, estresse por sal, estresse por calor, por estresse por seca e alto estresse por falta de luz. No entanto, existe pouca informação disponível sobre como a melatonina auxiliará nas plantas

A melatonina tem sido utilizada como regulador do crescimento das plantas, ela supostamente participa de vários processos regulatórios e do desenvolvimento nas plantas, incluindo o estabelecimento das raízes e desenvolvimento das raízes laterais (ZHANG et al., 2013), a regulação dos ritmos circadianos, a manutenção do equilíbrio redox celular, a regulação do amadurecimento dos frutos, proteção de cloroplastos (LEI et al., 2013; SUN et al., 2014), a regulação da senescência foliar e a remoção de espécies reativas de oxigênio (SHI et al., 2015; GAO et al., 2016). Além disso, estudos mostraram que a MT apresenta as mesmas funções que a auxina na regulação do crescimento vegetal, ou seja, promove o crescimento em baixas concentrações, enquanto inibe o crescimento em altas concentrações (CHEN et al., 2009).

5 MATERIAL E MÉTODO

5.1 Local do Estudo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada na área experimental da Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo, MG (Figura 3). A universidade está situada na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, com bioma cerrado. O clima do local de estudo é classificado como AW, segundo a classificação de Köppen. Dessa forma, o clima é classificado como tropical quente e úmido, com inverno seco. Além disso, possui uma variação de temperaturas, mínimo 15,2°C a um máximo de 32,2°C.

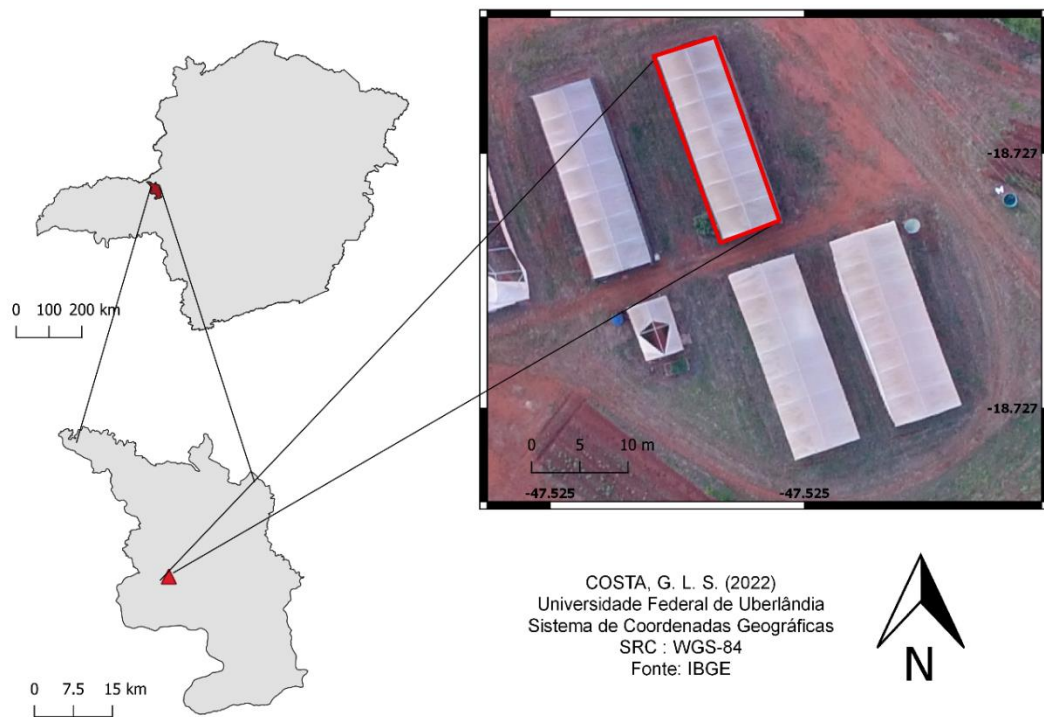


Figura 2. Mapa de localização

5.2 O Experimento

A cultivar selecionada para o experimento foi a UFU#12, que tem como característica porte semi-ereto do tipo II (Figura 3), em que foram distribuídas três sementes em cada vaso, posteriormente foi realizado o desbaste (V3), deixando somente uma planta, considerando a planta mais uniforme e vigorosa. Para esse experimento foram utilizados 32 vasos com 20 dm³. Quanto a preparação do solo, foi realizado uma calagem, que ficou incubado durante 21 dias, a fim de diminuir acidez do solo. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) com textura argilosa, coletado na mata nativa (18° 43'48,3" S, 47° 30'16,6" W)

Tabela 2. Características químicas e físicas dos tipos do solo (LVd e LAd) antes da adubação do plantio.

Química¹	unidades	LVd
pH in H ₂ O		5.2
pH		4.9
P meh.	mg dm ⁻³	0.1
P total	mg dm ⁻³	165
K	mg dm ⁻³	28
Ca	cmol _c dm ⁻³	0.06
Mg	cmol _c dm ⁻³	0.04
Al	cmol _c dm ⁻³	0.25
H+Al	cmol _c dm ⁻³	2.40
SB	cmol _c dm ⁻³	0.17
T	cmol _c dm ⁻³	0.42
T	cmol _c dm ⁻³	2.57
V	%	7
M	%	60
MO	dag kg ⁻¹	2.3
B	mg dm ⁻³	0.04
Cu	mg dm ⁻³	0.4
Fe	mg dm ⁻³	11
Mn	mg dm ⁻³	4.7
Zn	mg dm ⁻³	0.8
Physical²		
Sand	g kg ⁻¹	305
Silt	g kg ⁻¹	75
Clay	g kg ⁻¹	620

¹pH em água (1:2,5), P e K por extração de Mehlich I, Mg e Al extraíveis por solução de KCl 1 M; P na solução de equilíbrio (EP); teor de matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (CO). saturação por bases (SB); T = Capacidade de troca catiônica em pH 7,0; t= Capacidade de troca catiônica efetiva; m = índice de saturação de Al; V = Índice de saturação por bases. ²A granulometria do solo foi determinada pelo método da pipeta.

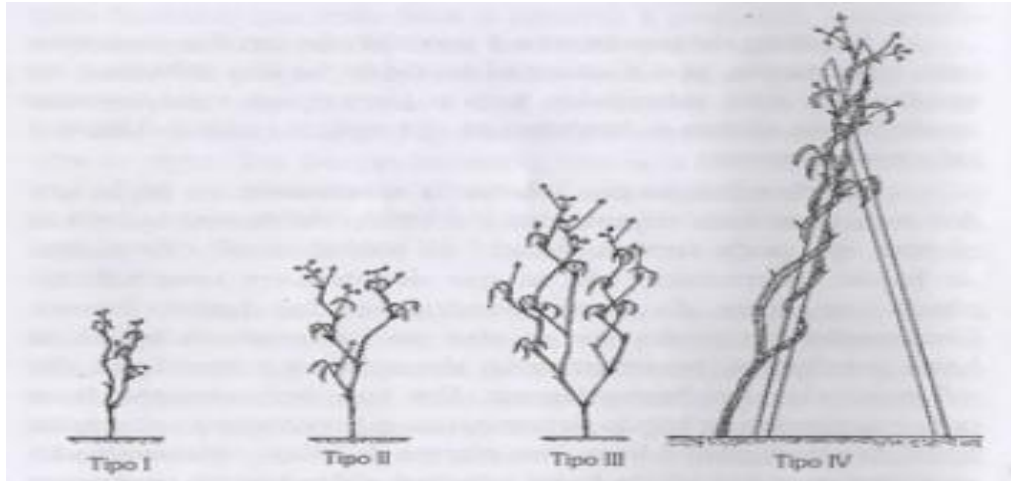


Figura 3. Principais hábitos de crescimento do feijoeiro. Fonte: Vieira et al., (2013)

No que diz respeito a irrigação, foi utilizado um sistema por gotejamento, com uma vazão de 1,1 litros por hora, em que aspirando o melhor momento para a irrigação, foi optado para que ocorresse somente pela manhã, devido ao volume do vaso. Outro ponto foi o monitoramento das características meteorológicas na área da casa de vegetação durante todo o experimento.

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial, os tratamentos foram constituídos de melatonina (presença= +*Met* e ausência= -*Met*) com cinco concentrações de nitrogênio (0, 150, 300, 450 e 600 kg N ha⁻¹), sendo a dosagem 150 kg N ha⁻¹ a recomendada para a cultura, resultando assim, em 10 tratamentos em três repetições.

Após a divisão de tratamento, que aconteceu de forma aleatória, a semeadura ocorreu no dia 13 de outubro. Junto foi feita uma adubação de base nitrogenada e a aplicação da melatonina, conforme o tratamento definido. Essa melatonina (03 mg. L) foi aplicada somente uma vez durante todo o experimento junto a semeadura, e com uma distância de três centímetros das sementes, para evitar que ocorra uma acidificação.

No que diz respeito ao nitrogênio, além da aplicação de base, foram feitas mais duas aplicações conforme o tratamento indicado, a primeira com 25 dias e a segunda com 40 dias pós plantio. Essas adubações foram feitas em forma de solução nutritiva, onde se utilizou a dose recomendada e diluiu em um litro de água destilada, dessa diluição, se aplicou 30 ml por vaso de acordo com o tratamento, a fonte de nitrogênio usado em todas as adubações foi a ureia a 45%. Para a adubação básica com os macronutrientes foi baseada nas recomendações de Novais e colaboradores (1991), adaptada por Marques e colaboradores (2022) para a cultura do feijoeiro.

A Tabela 2 apresenta os tratamentos utilizados nesse trabalho. A Figura 4 apresenta o delineamento experimental.

Tabela 2.

Tratamento	Melatonina (Presença e Ausência)	Dose de nitrogênio
T1	Ausência	0
T2	Ausência	150
T3	Ausência	300
T4	Ausência	450
T5	Ausência	600
T6	Presença	0
T7	Presença	150
T8	Presença	300
T9	Presença	450
T10	Presença	600

Fonte: O Autor (2023)

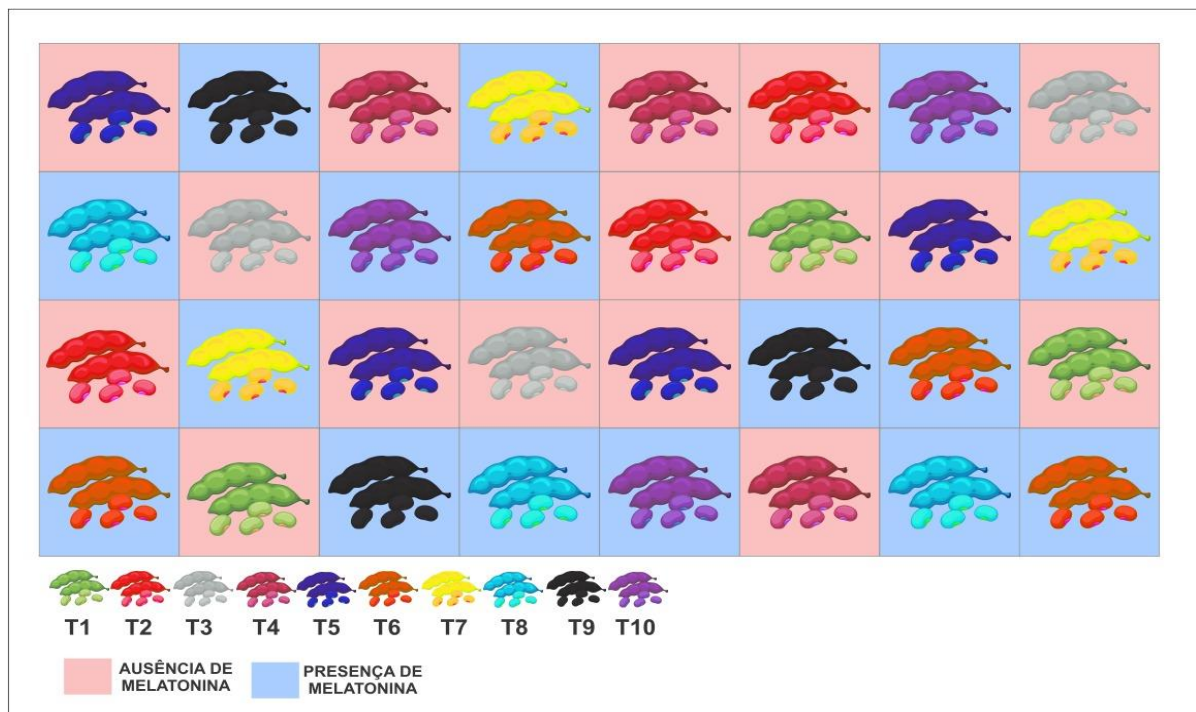


Figura 4. Delineamento

Como não se trata de um cultivo protegido, se constatou a presença de tripes e ácaro branco, e então, se fez necessário a aplicação de inseticida e acaricida. Com 25 dias do plantio

foi aplicado Acefato(orthene), para a tripes, e, com 30 e 40 dias, Cetoenol(obrerom) para o controle do ácaro.

A fim de avaliar informações relevantes, durante o processo de desenvolvimento fisiológico e no pós-colheita, três avaliações agrônômicas foram consideradas. Sendo as duas primeiras durante o desenvolvimento, para avaliar os pigmentos, fotossintética, transpiração e trocas gasosas na folha da planta. E a terceira avaliação foi realizada após 70 dias DAE, ou seja, no final do ciclo da cultura.

5.3 Avaliação Agrônômica

5.3.1 Pigmentação Fotossintética

Para determinar os pigmentos fotossintéticos foram coletados 0,5g de tecido foliar da folha diagnóstica com 50 DAE, e homogeneizado com 1,5ml de éter + 1,5 mL de acetona 80%, sendo realizado sob luz indireta. Após a mistura é feita a diluição para leitura de 200 microlitros de amostra e 1800 microlitro de éter+acetona. O sobrenadante é coletado e lido a absorbância a 470, 646,8 e 663,2 nm (LICHTHENTHALER, 1987).

As concentrações de clorofilas (Eq. 1, 2 e 3) e carotenoides (Eq. 4) foram calculadas pelas seguintes equações, e são expressas em mg g⁻¹:

$$Clorofila\ a = C_a = 12,25 A_{663,2} - 2,79 A_{646,8} \quad (1)$$

$$Clorofila\ b = C_b = 21,50 A_{646,8} - 5,10 A_{663,2} \quad (2)$$

$$Clorofila\ total = C_{(a+b)} = 7,15 A_{663,2} + 18,71 A_{646,8} \quad (3)$$

$$Carotenóides\ (xantofila+carotenos) = \left(\frac{1000 A_{470} - 1,82 C_a - 85,02 C_b}{198} \right) \quad (4)$$

5.3.2 Fisiologia

As avaliações das trocas gasosas foliares foram efetuadas nas plantas na fase reprodutiva denominada R1 (50 DAE), padronizando a folha diagnóstica (folha fisiologicamente ativa), utilizando o analisador infravermelho IRGA (modelo LC pro-SD) no período da manhã, em dias sem nuvens, entre 8 e 11 h, dessa forma foi medido a taxa fotossintética líquida (A), a condutância estomática (gs) e a taxa transpiratória foliar (E). As medições foram realizadas utilizando-se a câmara LI-6400-02B com fonte de luz onde a intensidade de radiação

fotossinteticamente ativa será fixada em $1000 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, assim como a concentração de CO_2 , um conjunto de bombeamento e condicionamento de ar, controladores de fluxo, tubos e conexões

Os IRGA's funcionam com base na capacidade das moléculas de gases heteroatômicos de absorverem radiação infravermelha de comprimentos de onda longos. Cada gás possui um espectro de absorção específico nessa região. Esse princípio possibilita a quantificação de diversos gases compostos por moléculas heteroatômicas, como CO_2 , H_2O , NH_3 , CO , N_2O , NO e hidrocarbonetos gasosos. Felizmente, os gases formados por dois átomos idênticos, como O_2 e N_2 , também presentes na atmosfera, não absorvem radiação nessa região, o que significa que não interferem com os outros gases. (CARVALHO et al. 1997)

5.3.3 Massa seca

Para determinar a massa seca, as plantas foram coletadas para a determinação da massa seca (MS) sendo separadas em raízes e parte aérea (caule e folhas). Os componentes foram secos em estufa a 60°C , com ventilação forçada, até atingirem massa constante. As raízes foram separadas da parte aérea através de um corte no colo da planta, a parte aérea foi processada em conjunto e pesado posteriormente.

5.4 Análise Estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e médias comparadas pelo *Scott-Knott* em $p < 0,05$ (Steel et al., 2006). O desvio padrão foram calculados e o estimador utilizado foi o de regressão, usando o software SISVAR (Ferreira, 2011).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a massa seca da parte aérea (Figura 5) observou-se um aumento linear na presença da melatonina (+*Met*) e ausência (-*Met*) em função das concentrações de N. Para a presença +*Met* houve maior produção de massa seca até a dose 450 kg ha^{-1} , quando comparado com -*Met*, após essa dose -*Met* passa a ter valores maiores de massa seca. Esses resultados também podem ser atribuídos à aplicação da Lei dos Incrementos Decrescentes, que é um dos pilares da fertilidade do solo. Essa lei estabelece que uma planta responde positivamente à aplicação de adubos até certo ponto, mas a partir desse ponto, as respostas se tornam progressivamente

menores (FURTINI NETO et al., 2001). Segundo Ren et al., (2019), em culturas de leguminosas, como a soja, a melatonina promoveu o desenvolvimento de nódulos radiculares simbióticos, aumentando o número e o tamanho desses nódulos, além de potencializar a acumulação de nitrogênio e biomassa. A suplementação de melatonina tem também demonstrado a capacidade de melhorar a tolerância das plantas a condições adversas, como temperaturas extremas, salinidade, radiação ultravioleta, metais pesados e estresses químicos. Estudos mostraram um aumento significativo na tolerância à seca em diversas culturas, como trigo (CUI et al., 2017), milho (FLETA-SORIANO et al., 2017), soja (WEI et al., ZHANG et al., 2013) e maçãs (LI et al., 2015). Esses benefícios foram observados através de uma redução no vazamento de eletrólitos, um maior crescimento e uma maior produção de biomassa.

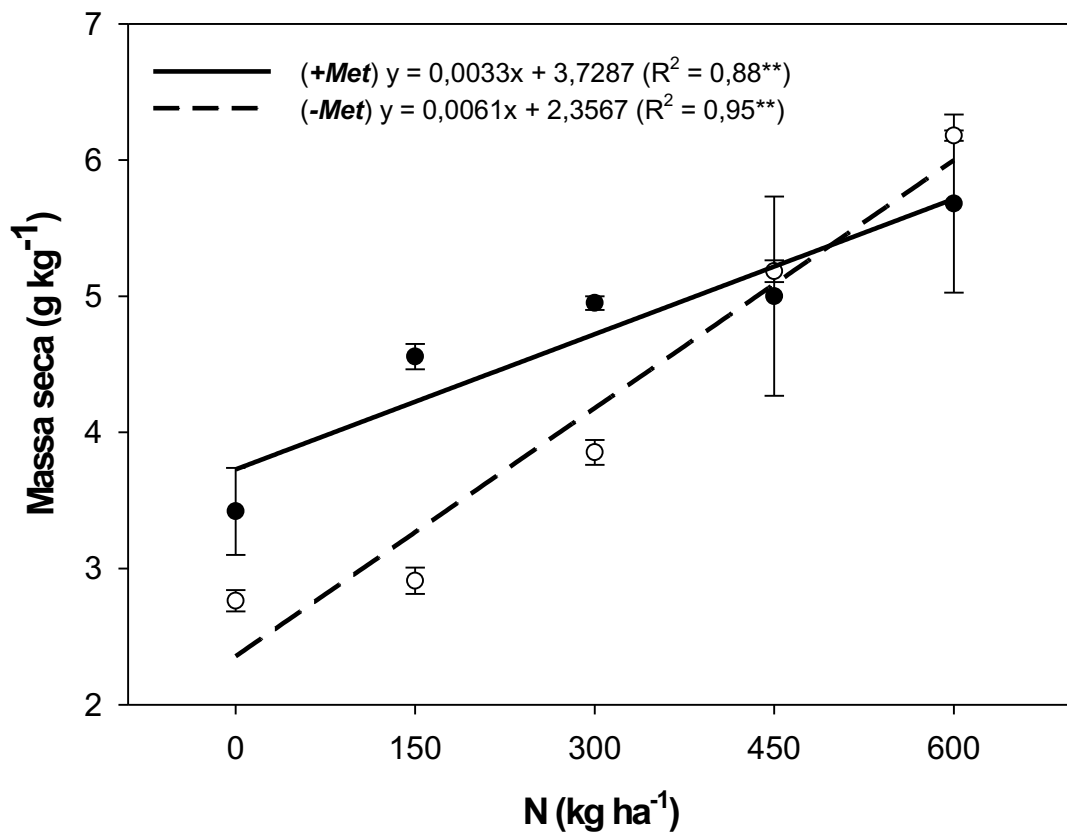


Figura 5. Massa seca da parte aérea (folha+caule) do feijoeiro comum na presença de melatonina (+Met) e ausência de melatonina (-Met) em função das concentrações N.

Para a fotossíntese (A) na folha do feijoeiro comum (Figura 6) houve redução da taxa fotossintética com o aumento da dose de N para a presença da melatonina (+Met) e ausência (-Met), de modo que vemos um efeito linear negativo. Contudo, na presença (+Met) a taxa fotossintética apresenta valores maiores com o aumento da dose de N, quando comparado com

-*Met*. Dessa forma os resultados evidenciaram que a melatonina pode influenciar nos efeitos do nitrogênio na taxa fotossintética do feijoeiro, aumentando a fotossíntese e auxiliando em uma redução da influência deste nutriente na taxa fotossintética. Outros trabalhos como WEI et al., (2015); MAO et al., (2018); CAO et al., (2019) e WANG et al., (2021) apresentam discussões semelhantes.

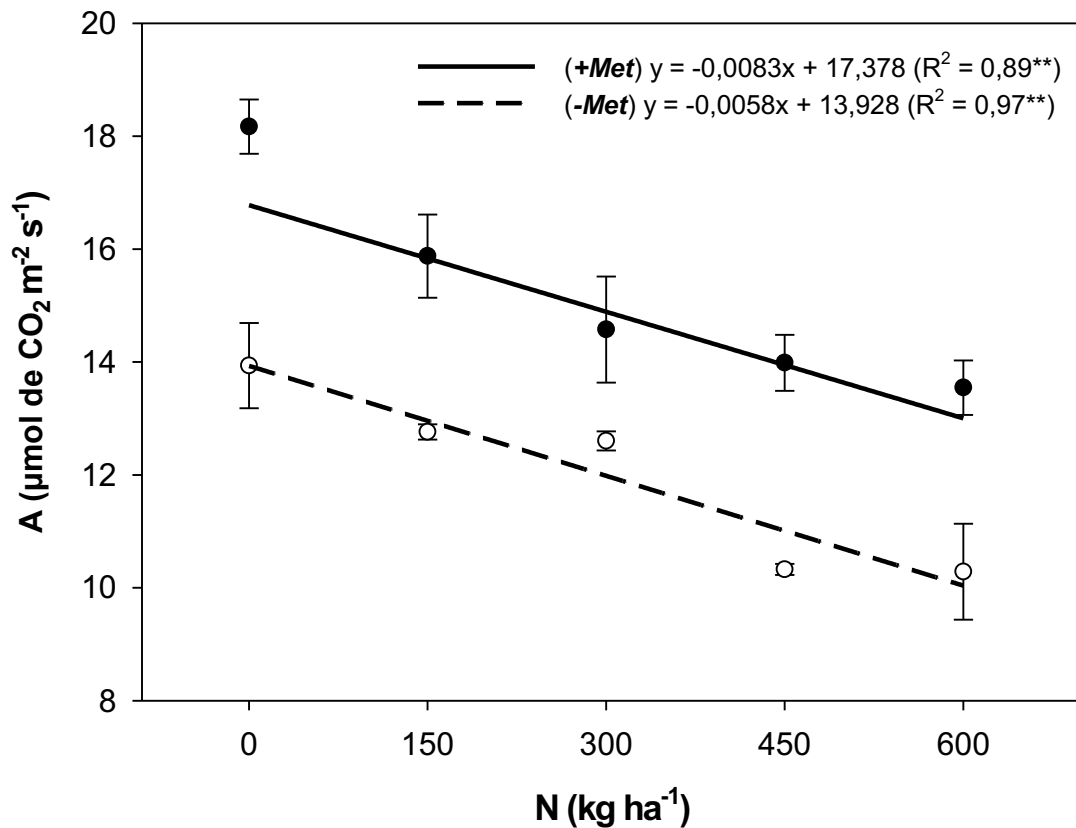


Figura 6. Fotossíntese na folha do feijoeiro comum na presença de melatonina (+*Met*) e ausência de melatonina (-*Met*) em função das concentrações N.

Na Figura 7 mostra as condições de transpiração da planta em decorrência das alterações das concentrações N. A transpiração apresentou um decréscimo com o aumento do N, principalmente nas plantas com presença de melatonina. Sendo que os melhores índices foram na ausência de nitrogênio e com a presença de melatonina. Outro fato que pode ser citado é a taxa fotossintética líquida apresentada na figura 6, que corrobora e explica o resultado de transpiração da figura 7. Assim como, para as mudas de melancia (NAWAZ et al., 2018) em que houve uma redução de 70% da transpiração da folha comparadas ao que não se considerou a aplicação de melatonina.

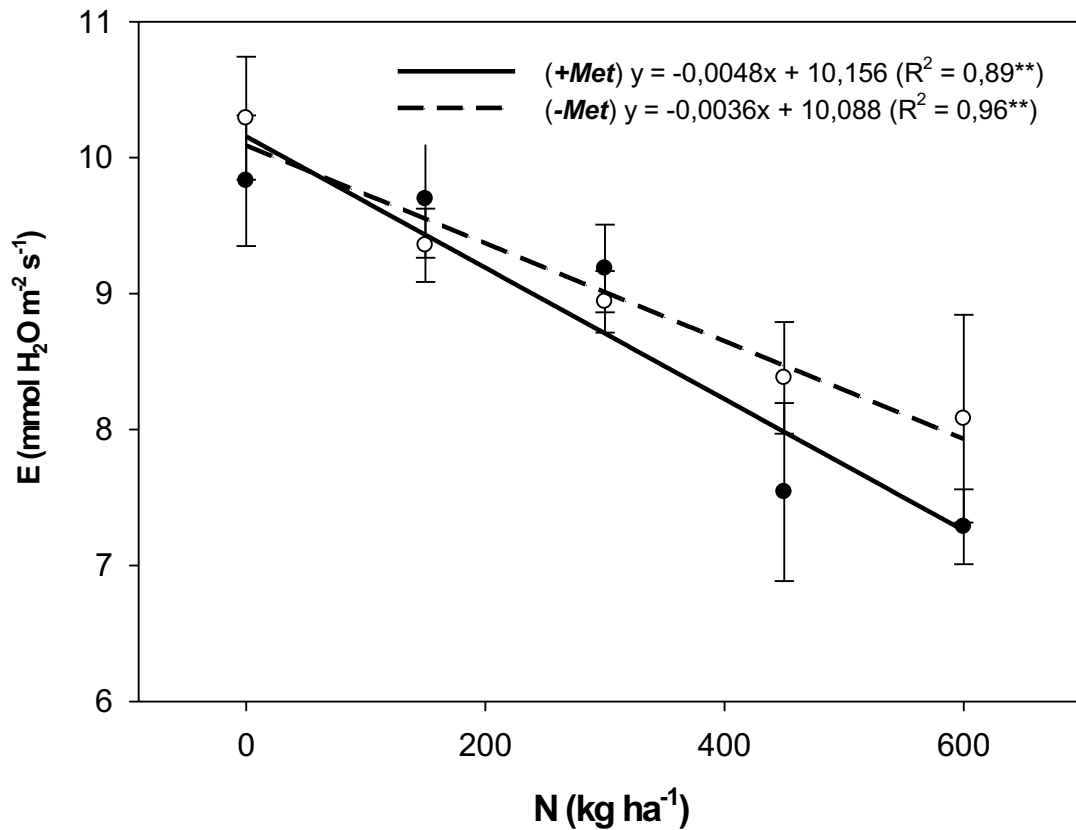


Figura 7. Transpiração na folha do feijoeiro comum na presença de melatonina (+Met) e ausência de melatonina (-Met) em função das concentrações N.

Para a condutância estomática da folha do feijoeiro (Figura 8), que é a medida com que o dióxido de carbono (CO₂) e o vapor de água (H₂O) podem passar através dos estômatos da folha, essa por sua vez que se mostrou mais responsiva com a ausência de melatonina (-Met) nas baixas dose N. Notamos, estabilidade na condutância estomática para a dose de 150 kg por hectare, com redução em função do aumento da dose N, corroborando com os resultados de fotossíntese líquida e transpiração da folha.

Assim como no experimento de Nawaz et al., (2018) em que se avaliou a presença de melatonina para mudas de melancia, houve uma redução de 69% da condutância estomática, a presença da melatonina também reduziu a condutância estomática em relação a concentrações de N.

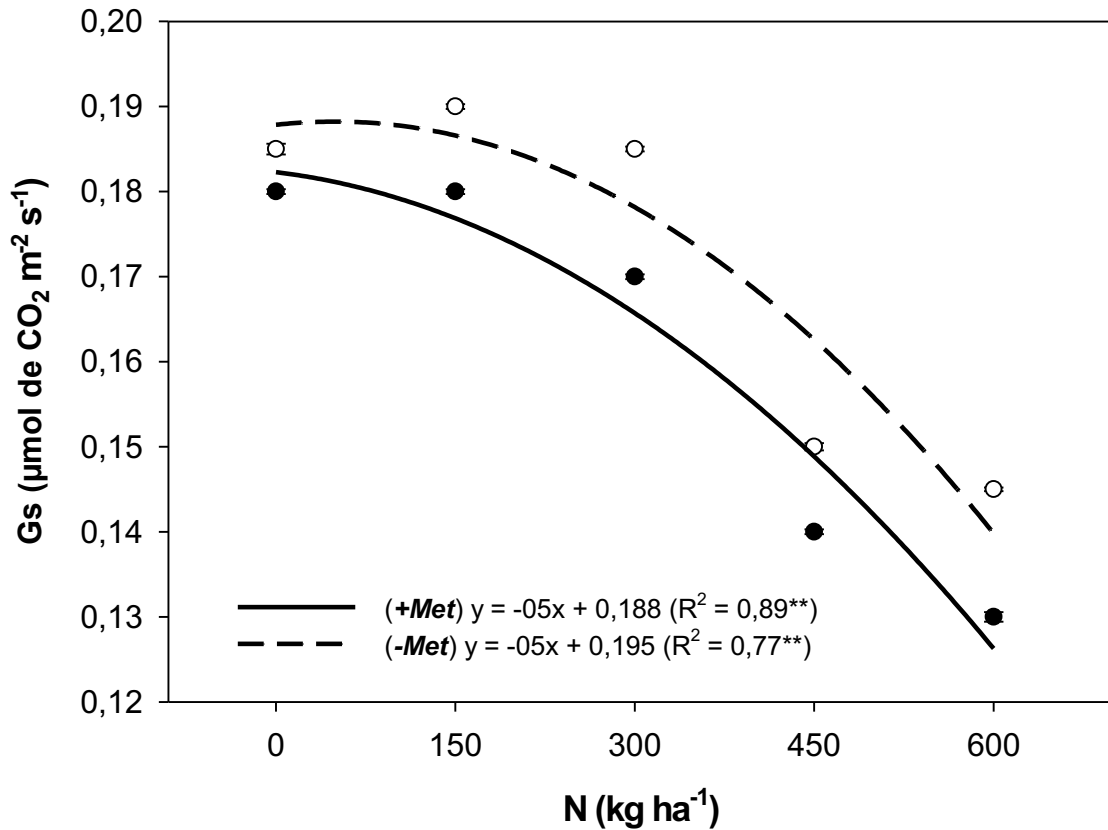


Figura 8. Condutância estomática na folha do feijoeiro comum na presença de melatonina (+Met) e ausência de melatonina (-Met) em função das concentrações N.

Para os teores de pigmentos clorofila *a* e *b* (Figura 9.A e 9.B), clorofila total (Figura 9.C) e carotenoides (Figura 9.D) as plantas com presença de melatonina apresentaram médias constantes, porém com caráter decrescente em relação ao aumento das concentrações N. Já as plantas com ausência de melatonina apresentaram teores de pigmentos menores para as concentrações de 150 e 450 kg de N por hectare, fora desse intervalo de valores apresentaram diferenças significativas como o aumento da clorofila *a* e decréscimo da clorofila *b*, carotenoides e clorofila total entre os valores de 0 e 150 kg de N. Assim como nesse experimento, a melatonina proporcionou uma melhoria seja na falta ou excesso de N. E consequentemente como resultado, observou-se um aumento nos índices de clorofila, bem como um aumento na produção de (WANG et al., 2021; WANG et al., 2022; ARNAO et al., 2022). Porém é importante ressaltar que, a diminuição dos níveis de clorofila em relação ao aumento da dosagem de N pode ser atribuída a efeitos tóxicos do excesso de nitrogênio, desequilíbrio nutricional e redução na taxa fotossintética devido ao fechamento parcial dos estômatos.

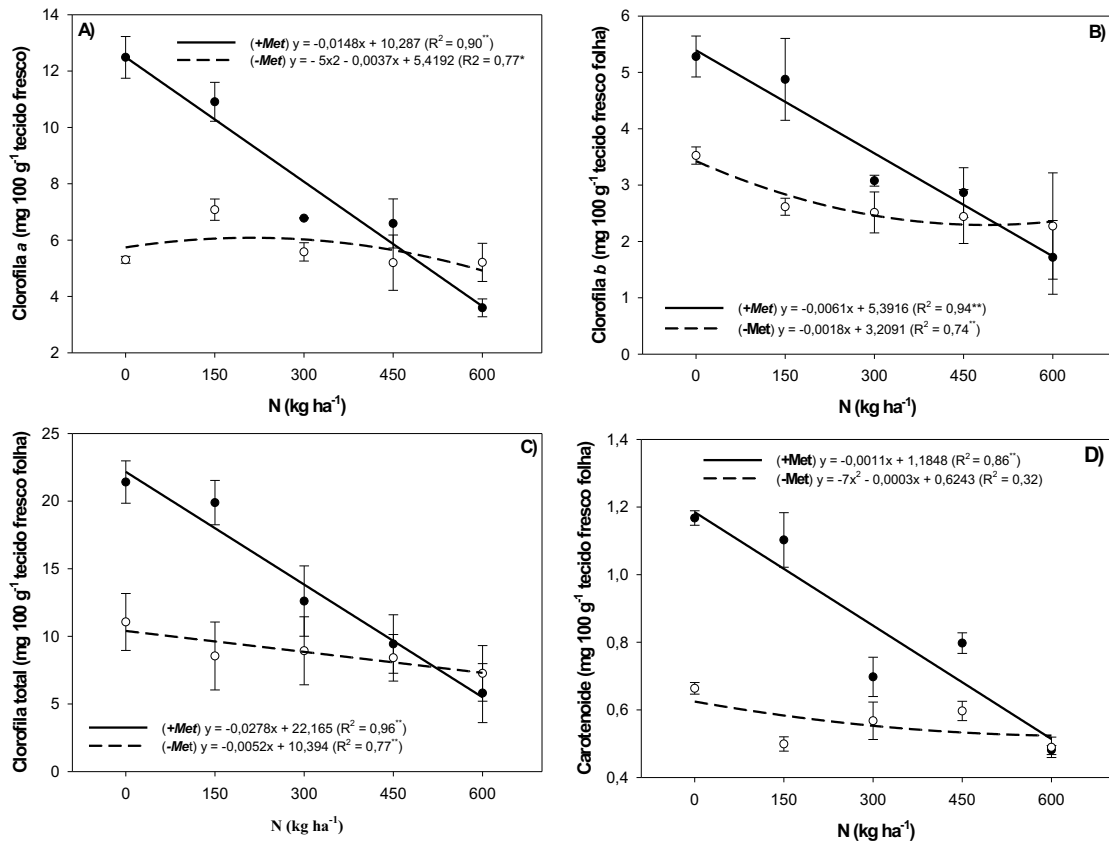


Figura 9. Clorofila *a* (A), *b* (B), total (C) e carotenoide (D) em folha de feijoeiro comum em função da presença (+Met) e ausência (-Met) de melatonina e diferentes concentrações de N.

7 CONCLUSÃO

Conclui-se com a pesquisa que a presença de melatonina mostrou efeitos positivos no aumento da massa seca, taxa fotossintética transpiração, condutância estomática, pigmentos em comparação com a ausência de melatonina, principalmente na dose recomendada de 150 kg N ha⁻¹, auxiliando na menor dependência de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDAR, Homero; KLUTHCOUSKI, Joao; STONE, Luís Fernando. Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais. **Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 305p**, 2002.
- ALVAREZ, V. H. et al. Enxofre. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 595-644.
- AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; AMBROSANO, G.M.B.; BULISANI, E.A.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A.L.M.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; DE SORDI, G. Efeito do nitrogênio no cultivo de feijão irrigado no inverno. **Scientia Agricola**, v.53, p.338-341, 1996.
- ARAÚJO, G.A.A.; VIEIRA, C.; MIRANDA, G.V. Efeito da época de aplicação do adubo nitrogenado em cobertura sobre o rendimento do feijão, no período de outono-inverno. **Revista Ceres**, v.41, p.442-450, 1994
- ARNAO, M. B.; HERNÁNDEZ-RUIZ, J.; CANO, A. Role of Melatonin and Nitrogen Metabolism in Plants: Implications under Nitrogen-Excess or Nitrogen-Low. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 23, p. 15217, 2022.
- BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C.O. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014. **Embrapa Arroz e Feijão**. 2012.
- CAO, L.; JIN, X. J.; ZHANG, Y. X. Melatonin confers drought stress tolerance in soybean (*Glycine max L.*) by modulating photosynthesis, osmolytes, and reactive oxygen metabolism. **Photosynthetica**, v. 57, n. 3, p. 812-819, 2019.
- CARVALHO, C. J. R. **Instrumentação básica para análise das trocas gasosas (CO₂ e H₂O) entre as plantas e o meio ambiente**. 1997. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/394947/1/Instrumentacao-basica-para-analise.pdf>. Acesso em: 9 mai 2023
- CARVALHO, M. A. C.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; SANTOS, N. C. B.; BASSAN, D. A. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) sob influência de parcelamentos e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.617-624, 2001.
- CHEN, Q.; QI, W.; REITER, R. J.; WEI, W.; WANG, B. Exogenously applied melatonin stimulates root growth and raises endogenous indoleacetic acid in roots of etiolated seedlings of *Brassica juncea*. **Journal of plant physiology**, v. 166, n. 3, p. 324-328, 2009.
- COELHO, J. D. **Informe estatístico 2021**: Indicadores selecionados [Relatório]. Rio de Janeiro: BNDES, 2021. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1031/1/2021_CDS_197.pdf. Acesso em: 8 jul. 2023.
- DIAS, P. A. S. Potencial genético de linhagens elite de feijoeiro-comum para fixação biológica de doença. 2017. Tese (**Doutorado em Agronomia**) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GAO, H.; ZHANG, Z. K.; CHAI, H. K.; CHENG, N.; YANG, Y.; WANG, D. N.; YANG, T.; CAO, W. Melatonin treatment delays postharvest senescence and regulates reactive oxygen species metabolism in peach fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 118, p. 103-110, 2016.

FERREIRA, D. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras: FAEPE. 2001. 261p.

GEPTS, P.; DEBOUCK, D. Origin, domestication, and evolution of the common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). In: **SCHOONHOVEN**, A. van; VOYSEST, O. (Ed.). Common beans: research for crop improvement. Cali: CIAT, 1991. p. 7-53

HASAN, M. K.; LIU, C.; PAN, Y.; AHAMMED, G. J., QI, Z.; ZHOU, J. Melatonin alleviates low-sulfur stress by promoting sulfur homeostasis in tomato plants. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1-12, 2018.

LEI, Q.; WANG, L.; TAN, D.; ZHAO, Y.; ZHENG, X.; CHEN, H.; LI, Q.; ZUO, B.; KONG, J. Identification of genes for melatonin synthetic enzymes in 'Red Fuji' apple (*Malus domestica* Borkh. cv. Red) and their expression and melatonin production during fruit development. **Journal of Pineal Research**, v. 55, n. 4, p. 443-451, 2013.

LEON, J. 1968. **Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales**. San Jose, IICA, 487p.

MAO, J. J.; SUN, L. Q.; HUANG B.; DING, C.B.; GU, Y.; LIAO, J. Q.; HU, C.; ZHANG, Z. W.; YUAN, S.; YUAN, M. (2018) Exogenous melatonin enhances salt stress tolerance in maize seedlings by improving antioxidant and photosynthetic capacity. **Physiologia plantarum**, v. 164, n. 3, p. 349-363, 2018. doi:10.1111/ppl.12737

MOÇAMBIQUE, P. A. Caracterização fenotípica de acessos crioulos de *Phaseolus vulgaris* L. do tipo carioca baseada em análise multivariada. 2010. 101 f. Tese (**Doutorado em Agronomia, Genética e Melhoramento de Plantas**), Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2010.

NAWAZ, M. A.; JIAO, Y.; CHEN, C.; SHIREEN, F.; ZHENG, Z.; IMTIAZ, M.; BIE, Z.; HUANG, Y. Melatonin pretreatment improves vanadium stress tolerance of watermelon seedlings by reducing vanadium concentration in the leaves and regulating melatonin biosynthesis and antioxidant-related gene expression. **Journal of Plant Physiology**, v. 220, p. 115-127, 2018.

NETO, S. P. **Adubação Nitrogenada na Agricultura**. Auster Tecnologia. Disponível em: <https://www.austertecnologia.com/single-post/nitrogenio-na-agricultura>. Acesso em: 9 mai 2023

OLIVEIRA, I. P.; ARAUJO, R. S.; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.169-221

OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J. Práticas indutoras do crescimento radicular das principais culturas anuais, com ênfase na cultura do feijoeiro. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H (Org.). **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás. EMBRAPA, 2009. p. 185 – 223

REN, S.; JIANG, G.-L.; RUTTO, LABAN. Melatonin priming enhances symbiotic nitrogen fixation in soybean, *Glycine max* L. **Journal of Biotech Research**, v. 10, p. 136-144, 2019.

SANTOS, J. B.; GAVILANES, M. L.; VIEIRA, R. F.; PINHEIRO, L. R. Botânica. In: CARNEIRO, J. E.; JÚNIOR, T. J. P.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão do plantio à colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2015. p.37-66

SHI, H.; REITER, R. J.; TAN, D.; CHAN, Z. INDOLE-3-ACETIC ACID INDUCIBLE 17 positively modulates natural leaf senescence through melatonin-mediated pathway in *Arabidopsis*. **Journal of Pineal Research**, v. 58, n. 1, p. 26-33, 2015.

SUN, Q.; ZHANG, N.; WANG, J.; ZHANG, H.; LI, D.; SHI, J.; LI, R.; WEEDA, S.; ZHAO, B.; REN, S.; GUO, Y. Melatonin promotes ripening and improves quality of tomato fruit during postharvest life. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 3, p. 657-668, 2015.

VIEIRA, C.; JUNIOR, T. J. P.; BORÉM, A. **Feijão**. 2ª Edição. Viçosa: Editora UFV, 2013)

WANG, H.; REN, C.; CAO, L.; JIN, X.; WANG, M.; ZHANG, M.; ZHAO, Q.; LI, H.; ZHANG, Y.; YU, G. The mechanisms underlying melatonin improved soybean seedling growth at different nitrogen levels. **Functional Plant Biology**, v. 48, n. 12, p. 1225-1240, 2021.

WANG, H.; REN, C.; CAO, L.; ZHAO, Q.; JIN, X.; WANG, M.; ZHANG, M.; YU, G.; ZHANG, Y. Exogenous melatonin modulates physiological response to nitrogen and improves yield in nitrogen-deficient soybean (*Glycine max* L. Merr.). **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022.

WEI, W.; LI, Q.; CHU, Y.-N.; REITER, R.J.; YU, X.M.; ZHU, D.H.; ZHANG, W.K.; MA, B.; LIN, Q.; ZHANG, J.S. et al. Melatonin enhances plant growth and abiotic stress tolerance in soybean plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 3, p. 695-707, 2015.

ZHANG, N.; SUN, Q.; ZHANG, H.; CAO, Y.; WEEDA, S.; REN, S.; GUO, Y. Roles of melatonin in abiotic stress resistance in plants. **Journal of experimental botany**, v. 66, n. 3, p. 647-656, 2015.