

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

JONAS CARAM MOSS

**ESTUDO PRELIMINAR DA FERTIRRIGAÇÃO DA CÂNHAMO: EFEITOS
INTERATIVOS DA FORMA DE NITROGÊNIO E DA PRESENÇA DE
MICROPLÁSTICOS**

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2023

JONAS CARAM MOSS

**ESTUDO PRELIMINAR DA FERTIRRIGAÇÃO DA CÂNHAMO: EFEITOS
INTERATIVOS DA FORMA DE NITROGÊNIO E DA PRESENÇA DE
MICROPLÁSTICOS**

Relatório final, apresentado à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrícola e Ambiental.

Orientador: Alisson Carraro Borges

Coorientadores: Lucas Rafael Lommez Vaz

Sérgio Barbosa Ferreira Rocha

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2023


JONAS CARAM MOSS

**ESTUDO PRELIMINAR DA FERTIRRIGAÇÃO DO CÂNHAMO: EFEITOS
INTERATIVOS DA FORMA DE NITROGÊNIO E DA PRESENÇA DE
MICROPLÁSTICOS**

Relatório final, apresentado a Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências, para obtenção do título de Engenheiro Agrícola e Ambiental.

APROVADO: 11 de dezembro de 2023.

Assentimento:



Jonas Caram Moss
Autor



Alison Carraro Borges
Orientador

RESUMO

MOSS, Jonas Caram, Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2023. **Estudo preliminar da fertirrigação do cânhamo: efeitos interativos da forma de nitrogênio e da presença de microplásticos.** Orientador: Alisson Carraro Borges. Coorientadores: Lucas Rafael Lommez Vaz e Sérgio Barbosa Ferreira Rocha.

No presente estudo foi avaliada a interação entre a presença de microplásticos e as diferentes formas aportadas de nitrogênio (nitrato, amoniacal e advindo de esgoto sanitário) por meio da técnica da fertirrigação da cultura *Cannabis sativa* L. As variáveis analisadas referentes ao desenvolvimento da cultura foram o número de folhas produzidas, altura, diâmetro de copa, área sombreada pela copa, massa fresca, massa seca, clorofila e antocianina. Quando contrastado com a testemunha, o tratamento com nitrato e sem microplásticos apresentou maior altura média. A presença de microplásticos ocasionou em menor teor de clorofila para o tratamento fertirrigado com nitrato, sem prejuízo quando se usaram outras formas de nitrogênio. As plantas fertirrigadas com amônio, quando da presença de microplásticos, apresentaram maior massa fresca do que as plantas fertirrigadas com nitrato e o micropoluente. No ensaio agrônomico constatou-se que independente da forma de nitrogênio disponibilizada, a cultura foi capaz de se desenvolver. A técnica de fertirrigação com águas residuárias pode ser usada como fonte de água e nutrição no cultivo de *Cannabis sativa* L. e a presença de microplásticos não foi prejudicial nas condições estudadas.

Palavras-chave: Esgoto doméstico. Nutrição vegetal. *Cannabis sativa*.

ABSTRACT

MOSS, Jonas Caram, Universidade Federal de Viçosa, December 2023. **Preliminary study of hemp fertigation: interactive effects of nitrogen form and the presence of microplastics.** Adviser: Alisson Carraro Borges. Co-advisors: Lucas R. Lommez Vaz e Sérgio Barbosa Ferreira Rocha.

This study evaluated the interaction between the presence of microplastics and different forms of nitrogen supplied (nitric, ammoniacal and from sewage) using the fertigation technique for the crop *Cannabis sativa* L. The variables analyzed were the number of leaves, height, canopy diameter, area shaded by the canopy, fresh mass, dry mass, chlorophyll and anthocyanin. When compared to the control, the treatment with nitrate and no microplastics had a higher average height. The presence of microplastics resulted in a lower chlorophyll content for the treatment fertigated with nitrate, but this was not detrimental when other forms of nitrogen were used. Plants fertigated with ammonium, when microplastics were present, had greater fresh mass than plants fertigated with nitrate and the micro-pollutant. The agronomic test showed that regardless of the form of nitrogen provided, the crop was able to thrive. The technique of fertigation with sewage can be used as a source of water and nutrition for growing *Cannabis sativa* L. and the presence of microplastics was not harmful under the conditions studied.

Keywords: Sewage. Plant nutrition. *Cannabis sativa*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
2.1. Local do experimento e preparação das plantas	8
2.2. Delineamento Experimental	8
2.3. Corte das plantas e análises físicas e químicas	10
2.4. Análises estatísticas	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
3.1. Comparação com o tratamento testemunha.....	12
3.2. Avaliação dos efeitos interativos entre formas de nitrogênio e microplásticos.	15
4. CONCLUSÃO	18
REFERÊNCIAS	19

1. INTRODUÇÃO

A *Cannabis sativa* L. pertence à família Cannabaceae e é nativa do continente asiático (MCPARTLAND et al., 2019). Devido a sua alta capacidade de adaptação, a planta se desenvolve em regiões de clima tropical e temperado. Por ser considerada dioica, pode desenvolver plantas do gênero feminino ou masculino (SILVA et al., 2018). A importância da *Cannabis* para a humanidade se dá principalmente pelo uso medicinal, cujo o primeiro registro de uso ocorreu há 5000 anos atrás (AMIN & ALI, 2019). Além de remédios, são derivados da cultura da *Cannabis* produtos cosméticos, alimentícios e fibras para as indústrias têxtil e civil. Estima-se que a movimentação financeira anual gira em torno de bilhões de reais, considerando todo o mercado mundial (ROCHA, 2022).

Apesar da importância, e provavelmente devido ao fato sobre o uso recreativo ser associado ao uso de narcóticos ilegais, a *Cannabis* é pouco estudada (SILVA et al., 2018). As informações sobre aspectos agrônômicos, como irrigação, fontes de nutrição e formas químicas preferenciais de absorção de nutrientes são escassas. Geralmente, os conteúdos disponíveis para consulta são elaborados para localidades específicas, não abrangendo as diferentes condições de solo e clima existentes pelo mundo (ADESINA et al., 2020).

A cultura da *Cannabis*, assim como a maioria das plantas, demanda por área, água e nutrientes para manter seu metabolismo ativo. Sabe-se que a técnica da fertirrigação com aplicação de águas residuárias (esgotos sanitários inclusive) pode ser plenamente viável, desde que feita sob critérios técnicos (agrônômicos, ambientais e sanitários). O uso de tal técnica pode proporcionar a economia de água e, principalmente (no caso brasileiro), de fertilizantes por meio da extração de nutrientes pelas plantas. Também cita-se como fator positivo da técnica a melhoria ambiental, com o impedimento de que poluentes alcancem corpos hídricos (MATOS; MATOS, 2017).

Na Itália, se comprovou ser viável o reuso águas residuárias para fertirrigar mudas ornamentais em viveiros (LUBELLO et al., 2004). No Brasil, o reuso de águas residuárias nos algodoeiros aumentaram a produtividade (FIGUEIRÊDO, 2021). Na costa do mar mediterrâneo notou-se que a aplicação de águas residuárias em pomares aumentou a produção, porém com a presença de toxidades nos frutos (MORETTI et al., 2019). O reuso de águas residuárias em culturas mostra-se mais seguro (do ponto de vista sanitário) em culturas não comestíveis para finalidades que não afetem a saúde humana, tal como a produção de cânhamo para fibras. China,

Brasil, Israel e Itália são exemplos de países que possuem normas para uso seguro (WANG & GONG, 2019; BARBAGALLO et al., 2001).

Muito se tem estudado sobre as técnicas de fertirrigação com águas residuárias para se determinar a lâmina a partir do chamado “elemento limitante” ou “elemento químico referencial”. É usual se tomar o nitrogênio como referencial para se definir a dose que o solo suporta, pois este nutriente é muito demandado pelas plantas e é frequentemente o “elemento limitante” nos esgotos sanitários tratados em nível secundário e em águas residuárias de origem animal. Nas águas residuárias, o nitrogênio pode se apresentar organicamente ligado (N_{ORG}), nas formas oxidadas (nitrito e nitrato) ou amoniacal. Contudo, na prática da fertirrigação, além de se observar o “elemento químico limitante”, também há de se demandar atenção à recente problemática da presença dos poluentes de preocupação emergente, tais como os microplásticos, fármacos, hormônios, pesticidas e adoçantes artificiais, que podem limitar ou estimular a relação água-solo-plantas, a depender da cultura alvo da fertirrigação (MONTAGNER et al., 2017).

Os microplásticos (MP), por exemplo, são micropoluentes constituídos de pequenos pedaços de plástico com medida inferior a 5 mm oriundos da degradação de outros componentes plásticos. A partir da década de 1950, a humanidade intensificou o uso de materiais plásticos em seu cotidiano fazendo com que a presença de MP no ambiente se tornasse cada vez maior (PEREIRA et al., 2021). Sendo assim, a fertirrigação com águas residuárias pode também implicar na adição de MP nos solos agrícolas (KUMAR et al., 2020). Contudo, os efeitos dos microplásticos com os estádios de desenvolvimentos de culturas ainda são pouco conhecidos e sua interação com os nutrientes aplicados via fertirrigação ainda não foram suficientemente estudados.

Face ao exposto, no presente trabalho objetivou-se avaliar, via técnica de fertirrigação, os efeitos da presença de microplásticos e da forma de nitrogênio no desenvolvimento do cânhamo (*Cannabis sativa* L.).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local do experimento e preparação das plantas

O experimento foi realizado na cidade de Viçosa (MG) no período de setembro a novembro de 2023. O cultivo se deu em uma estufa agrícola pertencente ao Departamento de Agronomia e em convênio com a empresa ADWA Cannabis, que possui autorização judicial para a atividade (processo1000330-88.2020.4.01.3823). A água residuária utilizada na fertirrigação foi coletada na estação elevatória da Área Experimental de Tratamento de Resíduos (AETR) do DEA/UFV e as análises físicas e químicas foram realizadas no Laboratório da Qualidade Ambiental (LQA) do DEA/UFV.

As plantas utilizadas no experimento foram clonadas de uma planta matriz e mantidas em ambiente protegido iluminado, ventilado durante às 24 horas do dia e com nutrição padrão por via da aplicação de uma calda de macro e micronutrientes solúveis em água (cálcio, potássio, fósforo, enxofre, nitrogênio, ferro, molibdênio, boro, manganês e cobre), denominada *Dugreen*, durante os primeiros 16 dias de cultivo. O substrato usado para receber os clones nos recipientes de cultivo foi uma mistura de dois terços de um formulado comercial de cascas de *Pinus* spp. compostadas com um terço de substrato mineral expandido (perlita).

O procedimento de clonagem de plantas foi composto por seis etapas, a saber: (i) lavagem em álcool 70° de todas as ferramentas para podas e cortes antes do uso; (ii) seleção do material de propagação vegetativa: herbácea, entre 12 a 18 cm de comprimento, com presença de folhas; (iii) podas nas folhas, retirando aproximadamente 25% do total de área foliar; (iv) raspagem da parte inferior com o uso de tesoura; (v) mergulho da parte raspada na solução enraizadora AIB por 5 segundos e (vi) corte diagonal do dossel e plantio no recipiente de cultivo.

Quando os clones da *Cannabis sativa* L. alcançaram 16 dias de vida, foram selecionadas para o transplante 21 plantas com características semelhantes, tal como comprimento e área foliar. O transplante para os vasos marcou o início da aplicação dos tratamentos.

2.2. Delineamento Experimental

O experimento consistiu de um delineamento fatorial 3 x 2, com 3 formas de nitrogênio (nitríco, amoniacal e advindo de esgoto sanitário). O segundo fator foi a presença ou ausência de microplásticos nas soluções de fertirrigação. Um tratamento extra também foi estudado,

consistindo de fornecimento de água de abastecimento, sem aporte de nitrogênio extra ou microplásticos. Dessa maneira, estudaram-se 21 unidades experimentais (vasos de 7 litros de capacidade), uma vez que todos os tratamentos foram feitos em triplicata.

Em relação ao fator forma de nitrogênio, as fontes estão apresentadas na Tabela 1. Para o nitrogênio nítrico, utilizou-se nitrato de cálcio; para nitrogênio amoniacal, utilizou-se sulfato de amônio. Como o esgoto sanitário (terceira forma de suprimento de nitrogênio) possuía 84 mg L⁻¹ de nitrogênio total, a mesma concentração de N foi usada nas soluções de Ca(NO₃)₂ e (NH₄)₂SO₄.

Tabela 1 – Formas de nitrogênio usadas no experimento

Fonte de Nitrogênio	Identificação	Equação dissociação iônica em meio aquoso
1	Nitrato de cálcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{NO}_3^-$
2	Sulfato de amônio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{NH}_4^+ + \text{SO}_4^{2-}$
3	Esgoto sanitário	----

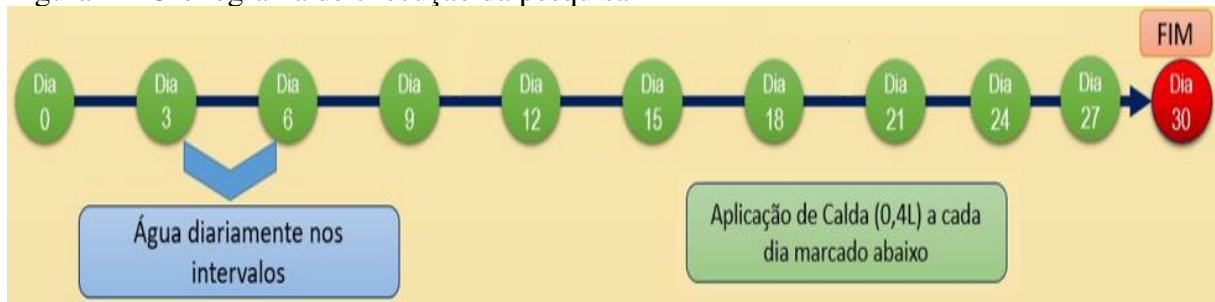
Fonte: Autor.

Considerando-se uma demanda de nitrogênio de 120 kg ha⁻¹ (TANG et al., 2018) e tendo-se em conta a área de cada vaso, obteve-se o valor de 4 litros necessários para o suprimento de nitrogênio (MATOS; MATOS, 2017).

Para se determinar o volume líquido a ser depositado em cada vaso para manter o substrato na capacidade de campo sem que houvesse vazamento no fundo do recipiente, foram preenchidos em um teste preliminar cinco vasos com substrato e em cada um deles foi aplicado um volume diferente de água: 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 e 0,6 L. Após a aplicação, observou-se durante uma hora a percolação da água ao longo do substrato até o vazamento no fundo do vaso. O teste de capacidade de campo apontou que o volume de 0,4 L, para o vaso adotado, é um volume seguro para garantir que os fertilizantes estivessem disponíveis para as plantas. Assim, foi estabelecida a aplicação de 10 doses de 0,4 L durante o cultivo, totalizando-se os 4 litros necessários.

As 10 doses de fertilizantes foram aplicadas em intervalos regulares durante os 30 dias de crescimento da *Cannabis sativa* L. em sua fase vegetativa, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Cronograma de execução da pesquisa



Fonte: Autor.

Nos dias sem a aplicação das soluções de fertirrigação, houve o aporte de um volume de 0,4 L de água de irrigação (água de abastecimento). As plantas foram distribuídas aleatoriamente em toda a área da estufa por três vezes durante o experimento. A primeira distribuição ocorreu no dia do transplante, a segunda no décimo dia após o transplante e a terceira no vigésimo dia após o transplante. O intuito destas redistribuições foi evitar que a ventilação e a incidência solar afetassem diferentemente o desenvolvimento das plantas e as variáveis analisadas.

Em relação ao fator microplástico, o acréscimo de MP foi feito com o uso do produto adquirido da Sigma Aldrich (CAS 9002 88-4) e a concentração de microplásticos nas soluções com valor positivo desse fator foi de 60 mg L⁻¹.

2.3. Corte das plantas e análises físicas e químicas

Todas as plantas experimentais sofreram corte raso aos 45 dias de experimentação. Foram medidas a altura e do diâmetro da copa, estimada a área sombreada pela copa (com base no diâmetro e considerando o formato do dossel circular), a contagem do número de folhas desenvolvidas e a pesagem das massas fresca e seca da parte aérea das plantas. Também foram feitas mensurações de pigmentação onde foram analisadas as variáveis clorofila total e antocianinas.

Para análise da clorofila total 300 mg de massa fresca foram macerados em álcool 95% com repouso de 24 horas no escuro. Após esse período, realizou-se leitura no espectrofotômetro HACH DR-6000 nos comprimentos de onda 649 e 664 nm. Com os valores de absorvância, a clorofila foi calculada de acordo com a Equação 1 (LICHTENTHALER et al. 1987).

$$\text{Clorofila total} = (5,24 A_{664} + 22,24 A_{649}) \frac{v}{W \times 1000} \quad (1)$$

Em que:

A_{664} : Leitura de absorvância no comprimento de onda 664 nm

A_{649} : Leitura de absorvância no comprimento de onda 649 nm

V: Volume de extração (mL)

W: Massa fresca das plantas extraídas (g)

Para análise de antocianinas, 50 mg de massa fresca foliar foram despedaçados em formatos irregulares e imersos em 10 mL de metanol acidificado (metanol: água: HCl, 80:20:1) seguido de incubação a 4°C no escuro por 18h, filtração e leitura no espectrofotômetro nos comprimentos de onda 530 e 657 nm, de acordo com o método (RABINO & MANCINELLI, 1986), com adaptações, pois a imersão em metanol acidificado ocorre em 2 mL e as folhas devem ser analisadas em porções de tamanho regular. Com os valores de absorvância, foi calculado o conteúdo de antocianinas de acordo com a equação 2.

$$\text{Antocionina} = (A_{530} - 0,25 \times A_{657}) M^{-1} \quad (2)$$

Em que:

A_{530} : Leitura de absorvância no comprimento de onda 530 nm;

A_{657} : Leitura de absorvância no comprimento de onda 657 nm;

M: Massa fresca das plantas extraídas (g).

2.4. Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio dos programas GraphPad Prism (versão de avaliação) e GraphRobot (WANG, 2019). Foram verificados os pressupostos de homogeneidade das variâncias entre os tratamentos e de normalidade dos resíduos e caso necessário, transformações foram realizadas quando do não atendimento dos mesmos. Possíveis outliers foram detectados usando-se o teste de Grubbs. Para o contraste dos tratamentos com a testemunha (tratamento controle), foi utilizado o teste de Dunnet.

Para a análise do efeito da forma de nitrogênio e presença de microplásticos, bem como a interação entre os mesmos foram realizadas análises de variância (ANOVA) de dois critérios, seguidas pelo teste post-hoc de Holm-Šídák. Todos os testes foram feitos com o uso de um nível de confiança de 95% ($\alpha = 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Comparação com o tratamento testemunha.

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos aplicados e o tratamento testemunha (controle), considerando-se as variáveis diâmetro da copa, área sombreada, número de folhas, massa seca, clorofila total e antocianinas (Tabela 2).

Tabela 2. Comparativo entre os tratamentos aplicados e o tratamento testemunha

Variável	Tratamentos testemunha	Tratamentos aplicados
Diâmetro da copa (cm)	50,67 ± 10,26	56,33 ± 5,09
Área sombreada (m ²)	0,21 ± 0,08	0,25 ± 0,04
Número de folhas (un)	91 ± 35	104 ± 16
Massa seca (g)	6,58 ± 2,28	8,60 ± 1,87
Clorofila total (mg g ⁻¹)	2,96 ± 1,20	3,02 ± 1,50
Antocianinas (mg g ⁻¹)	2,38x10 ⁻⁴ ± 2,62x10 ⁻⁴	2,46x10 ⁻⁴ ± 1,77x10 ⁻⁴

Fonte: Autor.

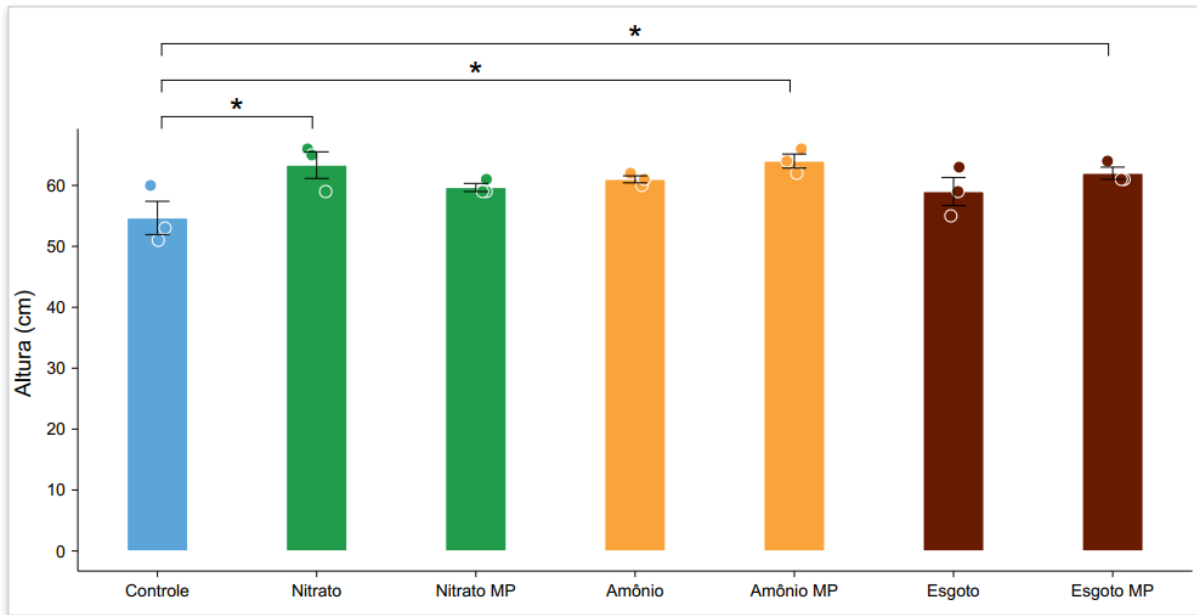
No que se refere ao esgoto sanitário, observou-se não haver diferenças entre os tratamentos com uso do mesmo e o tratamento controle. Tal fato sinalizou que a *Cannabis sativa* L., assim como outras culturas como a soja, o feijão, o tomate e o mamão, se apresentou resistente e apta à aplicação. O esgoto, portanto, pode ser uma fonte hídrica e nutricional alternativa de cultivo da *Cannabis* (BATISTA et al., 2017; DE SOUSA et al., 2019).

Observou-se que os valores obtidos para todos os tratamentos, em termos dos seis parâmetros listados, foram satisfatórios, pois durante o ensaio agrônômico as plantas em estágio vegetativo não demonstraram dificuldades em manter seu metabolismo ativo e produzir biomassa.

Uma vez que as culturas citadas anteriormente conseguem desenvolver flores e produzir frutos mediante a fertirrigação com água residuárias, é provável que a floração da *Cannabis* também seria estimulada caso as doses de fertilizantes continuassem a serem aplicadas durante o estágio reprodutivo. A flor da *Cannabis* é o órgão vegetal que possui concentrações mais expressivas das substâncias de maior interesse e valor agregado, os canabinóides.

Na Figura 2 visualizam-se os valores obtidos para variável altura ao final da experimentação.

Figura 2. Altura total atingida pelas plantas (*: significativo para $p < 0.05$)



Fonte: Autor.

Segundo estudos de Rizzo (1972), aos 55 dias de cultivo a altura média da *Cannabis sativa* L. deve atingir valor médio igual a 0,70 m. Comparando com o presente trabalho, observou-se que a altura média alcançada na idade de 45 dias (6 semanas) foi próxima de 0,60 m, o que dá indícios de que a altura média alcançada pelas plantas está condizente com o observado por Rizzo e dentro do esperado para cultura nessa idade.

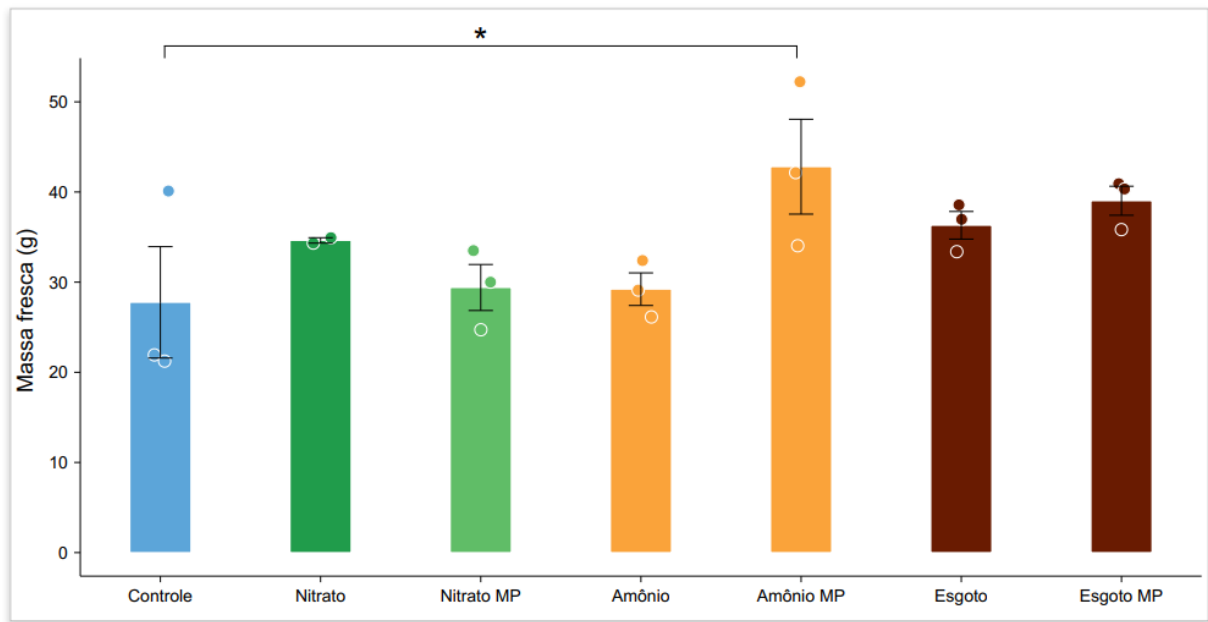
Considerando-se os tratamentos sem microplásticos, que se diferenciaram do controle apenas em relação ao tipo de fornecimento de nitrogênio, observa-se que houve diferença significativa entre as plantas fertirrigadas com nitrato e o controle (médias de 63,33 e 54,67 cm, respectivamente). Tal valor, de 16% a mais de altura média, pode ser explicado pelo fato de que a maioria das culturas preferem nitrato como forma de nitrogênio (PAIXÃO PASSOS et al., 2019).

Como as plantas foram cultivadas em substrato com faixa de pH entre 6,0 e 6,5, foi observado a boa disponibilidade do nitrato em relação ao amônio e, conseqüentemente, as plantas nutridas com NO_3^- apresentaram maior altura. Tanto a adsorção dos nutrientes, íons NH_4^+ e NO_3^- , quanto a sorção de microplásticos podem ser influenciadas pelo pH do meio o qual eles estão inseridos (LIONETTO & ESPOSITO CORCIONE, 2021).

Notou-se também que houve uma aparente interação significativa em relação ao controle entre o amônio com microplásticos e esgoto com microplásticos, visto que este último tratamento também contém amônio via ureia.

Na Figura 3, visualizam-se os valores obtidos para os tratamentos quando considerada a variável massa fresca produzida, considerando-se a parte aérea.

Figura 3. Massa fresca parte aérea; (*: significativo para $p < 0.05$)



Fonte: Autor

Observa-se pela Figura 3 que a massa fresca média das plantas fertirrigadas com amônio e MP foi maior do que o tratamento controle (42,81 e 27,76 g, respectivamente). Os demais tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas significativas em relação à testemunha.

Em um trabalho desenvolvido com a cultura do repolho por Horn et al., (2021), foram testadas a aplicação de distintas formas de nitrogênio, nítrico, amoniacal, visando a comparar qual das fontes de nitrogênio resultava em maior massa fresca produzida em relação à testemunha. Entretanto não houve diferenças consideráveis.

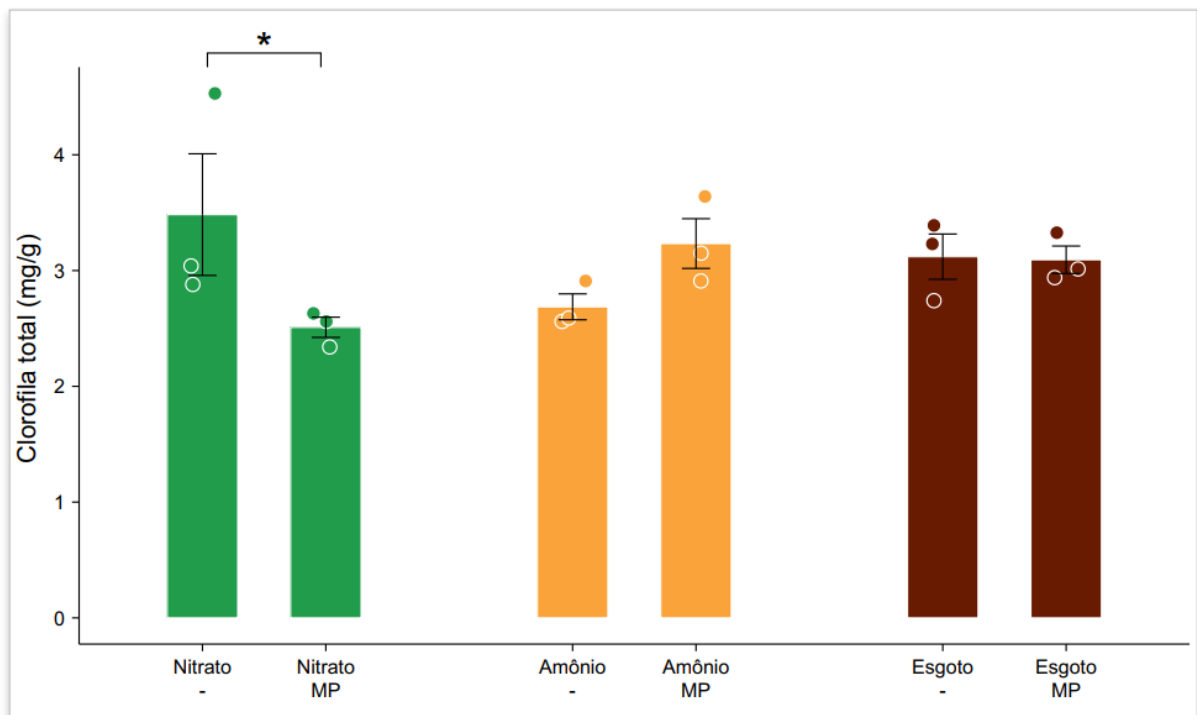
Leite et al. (2023), estudando a cultura do milho observaram maior ganho em massa fresca com adubação nitrogenada amoniacal, em comparação à testemunha. No presente trabalho desenvolvido com a cultura da *Cannabis*, apenas o tratamento com amônio na presença de microplásticos apresentou diferença em relação à testemunha.

3.2. Avaliação dos efeitos interativos entre formas de nitrogênio e microplásticos.

Conforme ressaltado, para o estudo dos fatores efetuou-se análises de variância, seguidas pelo teste de Holm-Šidák, que faz correções para comparações múltiplas, mas tem mais poder estatístico que o teste de Tukey, encontrando diferenças quando este último não o faz, considerando-se o mesmo nível de significância.

Na ANOVA de dois critérios não foram observadas diferenças significativas considerando-se as variáveis altura, diâmetro da copa, área sombreada, massa seca e antocianinas. Contudo, houve diferenças quando consideradas as variáveis clorofila total, número de folhas desenvolvidas e massa fresca. Na Figura 4, observa-se o efeito da interação dos microplásticos com as formas de nitrogênio para a variável clorofila total.

Figura 4. Concentração de clorofila total nas folhas; (*: significativo para $p < 0.05$)



Fonte: Autor

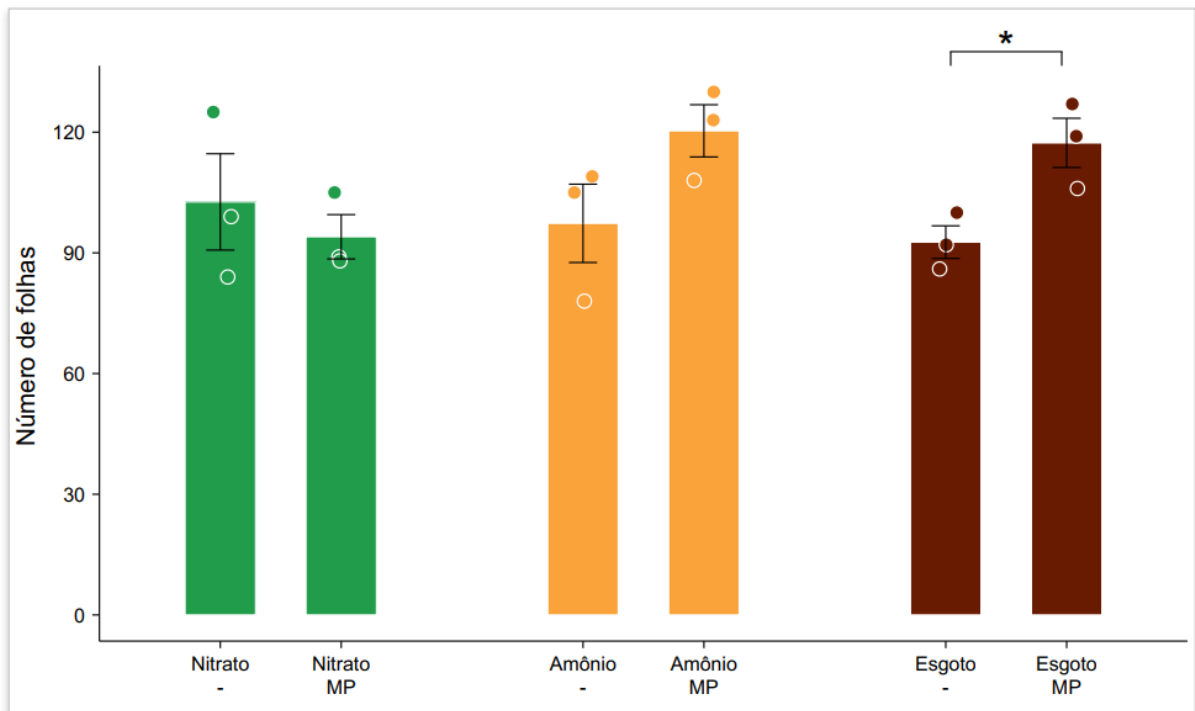
Pela análise da Figura 4, percebe-se que há uma diferença significativa entre os teores de clorofila nos tratamentos fertirrigados com nitrato: o tratamento sem a presença de microplástico possui um teor 19% maior. Tal decréscimo não foi observado nos outros tratamentos, que não continham nitrato em sua composição (considera-se que o esgoto sanitário

tem uma quantidade muito pequena de nitrato, pois o mesmo não passou por processos oxidativos de tratamento).

A adição de microplásticos causa interações eletrostáticas que podem alterar o pH da solução e, conseqüentemente, podem interferir na disponibilidade de nutrientes para as plantas (RODRIGUES et al., 2023).

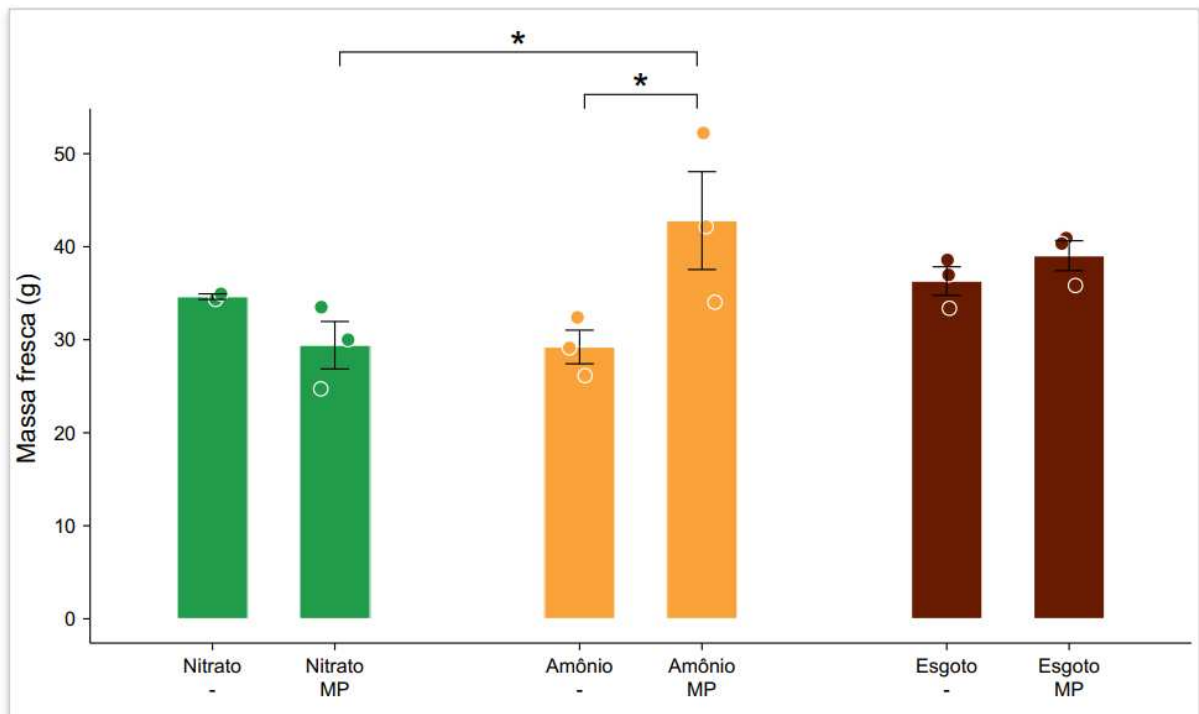
Nas Figuras 5 e 6, percebe-se que a presença dos microplásticos colaborou para um maior número de folhas no tratamento com esgoto e com uma maior massa fresca no tratamento com amônio. Também observou-se que o tratamento com amônio e microplásticos apresentou massa fresca estatisticamente superior ao no tratamento com nitrato e microplásticos.

Figura 5. Número de folhas desenvolvidas; (*: significativo para $p < 0.05$)



Fonte: Autor.

Figura 6. Massa fresca parte aérea; (*: significativo para $p < 0.05$)



Fonte: Autor.

Os microplásticos podem apresentar características tanto de hidrofobicidade, tendência a aderir a água, quanto de hidrofobicidade, tendência a repelir a água, a depender do grau de degradação do componente plástico. Quanto menor a partícula, maior será a hidrofobicidade. Outros fatores como ligações eletrostáticas e pontes de hidrogênio também estão associadas ao comportamento hidrofóbico ou hidrofílico dos microplásticos (RUSCHEL, 2023).

Como parte da massa fresca é representada por massa de água, sugere-se que um dos motivos pelo qual as plantas que receberam microplásticos terem apresentado maior massa fresca é a possibilidade de diminutos pedaços de microplásticos terem sido transportados para o interior dos vegetais, mantendo maior quantidade de massa de água retida na parte aérea das plantas devido a força de adesão pela hidrofobicidade, contudo, sugere-se que tal fenômeno seja estudado com mais profundidade.

4. CONCLUSÃO

A interação dos microplásticos com as formas de nitrogênio interfere no desenvolvimento e produção de biomassa da cultura da *Cannabis*. A presença de microplásticos ocasionou em menor teor de clorofila para o tratamento fertirrigado com nitrato, sem prejuízo quando se usaram outras formas de nitrogênio. Ademais, as plantas fertirrigadas com amônio, quando da presença de microplásticos, apresentaram maior massa fresca do que as plantas fertirrigadas com nitrato e o micropoluente.

A cultura da *Cannabis* possui um sistema radicular robusto e apto a diversas formas de nitrogênio e durante o experimento, independente da forma de nitrogênio disponibilizada, a planta foi capaz de produzir biomassa.

Sugere-se a realização de novas pesquisas para determinar quais as finalidades de cultivo podem ser nutridas com águas residuárias, resultando em produtos seguros e não tóxicos para os consumidores. Em se tratando do cultivo para a produção de fibras, os riscos e preocupações com contaminantes são menores comparados a outros usos como a extração de óleos, produção de remédios e alimentos. Outra sugestão para trabalhos futuros diz respeito a possibilidade dos microplásticos serem adsorvidos junto às raízes ou serem transportados para interior da *Cannabis*.

REFERÊNCIAS

- ADESINA, I., BHOWMIK, A., SHARMA, H., & SHAHBAZI, A. A review on the current state of knowledge of growing conditions, agronomic soil health practices and utilities of hemp in the United States. **Agriculture (Switzerland)** (Vol. 10, Issue 4), 2020. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/agriculture10040129>
- AMIN, M. R., & ALI, D. W. Pharmacology of Medical Cannabis. **Advances in Experimental Medicine and Biology** (Vol. 1162, pp. 151–165), 2019. Springer New York LLC. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21737-2_8
- BARBAGALLO, S., CIRELLI, G. L., & INDELICATO, S. **Wastewater reuse in Italy**, 2001.
- BATISTA, A. A., DUTRA, I., DO CARMO, F. F., IZIDIO, N. S. de C., & BATISTA, R. O. Quality in papaya fruit produced with treated domestic sewage. **Revista Ciencia Agronomica**, 48(1), 70–80, 2017. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170008>
- DE SOUSA, F. G. G., CARVALHO, R. D. S. C. DE, DE MELO, M. R. M., SARTORI, M. M. P., & HÉLIO GRASSI FILHO, E. Development and production of cherry tomato irrigated with different concentrations and availabilities of wastewater. **IRRIGA**, 24(3), 582–593, 2019. <https://doi.org/10.15809/irriga.2019v24n3p582-593>
- FIGUEIRÊDO, I. C. M. et al. Uso da água residuária tratada e do biossólido no algodão colorido: produção e seus componentes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 288-291, 2021.
- HORN, V. A. **Efeito de diferentes fontes de nitrogênio na produção de Repolho**. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia). Universidade Federal da Fronteira Sul, 36p., 2021.
- KUMAR, M., XIONG, X., HE, M., TSANG, D. C. W., GUPTA, J., KHAN, E., HARRAD, S., HOU, D., Ok, Y. S., & BOLAN, N. S. Microplastics as pollutants in agricultural soils. **Environmental Pollution**, Elsevier Ltd. (Vol. 265), 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114980>
- LEITE, B. S.A. et al. **Fertilizantes especiais na cultura do milho e efeito residual na braquiária cultivada em sucessão**, 2023.
- LICHTENTHALER, H. K. **Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes**, 1987.
- LIONETTO, F., & ESPOSITO CORCIONE, C. An overview of the sorption studies of contaminants on poly (Ethylene terephthalate) microplastics in the marine environment. **Journal of Marine Science and Engineering** (Vol. 9, Issue 4), 2021. <https://doi.org/10.3390/jmse9040445>
- LUBELLO, C., GORI, R., NICESE, F. P., & FERRINI, F. Municipal-treated wastewater reuse for plant nurseries irrigation. **Water Research**, 38(12), 2939–2947, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.03.037>

MATOS, AT de; MATOS, MP de. **Disposição de águas residuárias no solo e em sistemas alagados construídos**. UFV, 2017.

MCPARTLAND, J. M., HEGMAN, W., & LONG, T. Cannabis in Asia: its center of origin and early cultivation, based on a synthesis of subfossil pollen and archaeobotanical studies. **Vegetation History and Archaeobotany** (Vol. 28, Issue 6, pp. 691–702), Springer New York LLC, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00334-019-00731-8>

MONTAGNER, C. C., VIDAL, C., & ACAYABA, R. D. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: Cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova** (Vol. 40, Issue 9, pp. 1094–1110). Sociedade Brasileira de Química, 2017. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170091>

MORETTI, M., VAN PASSEL, S., CAMPOSEO, S., PEDRERO, F., DOGOT, T., LEBAILLY, P., & VIVALDI, G. A. Modelling environmental impacts of treated municipal wastewater reuse for tree crops irrigation in the Mediterranean coastal region. **Science of the Total Environment**, 660, 1513–1521, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.043>

PAIXÃO & PASTOS, L., Costa Rosa de Souza Lima, L., Ramos Coutinho Reis, P., de Souza Sobrinho, F., & César José da Silva, J. **Influência dos íons amônio e nitrato sobre indicadores fisiológicos do capim-ruzi cv. BRS Integra 1**, 2019.

PEREIRA, T. D. C., ARAÚJO, D. B., & BILA, D. M. MICROPLÁSTICOS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO – UMA REVISÃO. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, Desarrollo y Práctica**, 14(2), 917, 2021. <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2021.14.2.75496>

RABINO, I., & MANCINELLI, A. L. Light, Temperature, and Anthocyanin Production'. **Plant Physiol** (Vol. 81), 1986.

RIZZO, J. A.. CANNABIS SATIVA L. (MACONHA). **Rev. Pat. Trop** (Vol. 3, Issue 1), 1975.

ROCHA, S. B. F. **Caracterização de variedades de Cannabis sativa L. cultivadas no Brasil para uso medicinal e indústria**, 2022.

RODRIGUES, D. P., **Avaliação da existência de microplásticos nos efluentes de estações de tratamento de águas residuais: caracterização dos microplásticos e abordagens verdes para a sua remoção**. Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia Química, Biosistemas, orientada pela Professora Doutora Maria da Graça, 2022.

RUSCHEL, P. M. C. **Microplásticos de poliamida e 17 β -estradiol em sistemas aquosos: estudo de competição nas interações na presença de matéria orgânica**, 2023.

SILVA, A. S., GOMES, J., PALHANO, M. B., & ARANTES, A. C. Y.. A MACONHA NAS PERSPECTIVAS CONTEMPORÂNEAS: BENEFÍCIOS E MALEFÍCIOS. **Revista Científica FAEMA**, 9(2), 786–795, 2018. <https://doi.org/10.31072/rcf.v9i2.67>

TANG, K., Fracasso, A., Struik, P. C., Yin, X., & Amaducci, S. Water-and nitrogen-use efficiencies of hemp (*Cannabis sativa* L.) based on whole-canopy measurements and modeling. **Frontiers in Plant Science**, 9, 2018. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00951>

WANG, M., & GONG, H. Expected rural wastewater treatment promoted by provincial local discharge limit legislation in China. **Sustainability (Switzerland)**, 11(10), 2019. <https://doi.org/10.3390/su11102756>

WANG, L. A. (2019). **GraphRobot**. URL www.graphrobot.com.