



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

ERASMO VENÂNCIO DE LUNA NETO

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, PRODUÇÃO E FISIOLOGIA DA COUVE –
FLOR SOB DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ÁCIDO FÚLVICO**

AREIA

2024

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

L961a Luna Neto, Erasmo Venâncio de.

Atributos químicos do solo, produção e fisiologia da couve-flor sob doses e épocas de aplicação de ácido fúlvico / Erasmo Venâncio de Luna Neto. -

Areia:UFPB/CCA, 2024.

89 f. : il.

Orientação: Walter Esfrain Pereira.

Coorientação: Ramon Freire da Silva.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Ciência do Solo. 2. Brassica oleracea L. 3. Bioestimulador. 4. Hortaliça. 5. Matéria orgânica. I. Pereira, Walter Esfrain. II. Silva, Ramon Freire da. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631.4(043.3)

ERASMO VENÂNCIO DE LUNA NETO

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, CRESCIMENTO E FISIOLOGIA DA COUVE –
FLOR SOB DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ÁCIDO FÚLVICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do Título em Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Solos em ecossistemas agrícolas e naturais. Linha de pesquisa: Solos e nutrição de plantas.

Orientador: Prof. Dr. Walter Esfrain
Pereira

Coorientador: Dr. Ramon Freire da Silva

AREIA

2024

ERASMO VENÂNCIO DE LUNA NETO

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, CRESCIMENTO E FISIOLOGIA DA
COUVE – FLOR SOB DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ÁCIDO
FÚLVICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do Título em Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Solos em ecossistemas agrícolas e naturais. Linha de pesquisa: Solos e nutrição de plantas.

Aprovado em 29 de fevereiro de 2024

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira
DCFS/CCA/UFPB Orientador



Prof. Dr. Thiago Jardelino Dias

Prof. Dr. Thiago Jardelino Dias.
DSER/CCA/UFPB Membro



Dra. Rosiane de Lourdes Silva Lima

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida e pela força que me dá para lutar todos os dias pelos meus sonhos e metas.

A toda minha família, em especial a minha mãe Maria da Vitória Alves Santos, e meu pai Laurêncio Venâncio da Rocha Luna (*in memoriam*) por todos os ensinamentos e por todo amor e carinho dado a mim para que me tornasse o homem que sou hoje. Agradeço, também, aos meus amados irmãos: Karen Rebeca, Vinícius Alves, e Clara Luana. Estes que são muito especiais para mim e que tanto amo.

Aos meus amigos e colegas em geral que de alguma forma me ajudaram neste processo tão difícil que é se tornar um mestre. Mais uma vez, os mesmos se repetem pois são muito queridos: Maciel Rocha, Edmilson Gomes, Flávio Victor, Jéssica Nobrega, Maurílio Miranda, Jordy Marinho, Kagyanne, Robson Monteiro, entre tantos outros que me deram auxílio para alcançar o êxito.

Ao meu orientador Walter Esfrain Pereira, pelos ensinamentos passados durante toda minha trajetória na universidade, desde a graduação. Agradeço ao meu co-orientador Ramon Freire, por todo conhecimento, experiência, paciência e todo auxílio a mim prestado durante meu mestrado. Agradeço ao professor Thiago Jardelino pela oportunidade de trabalhar com ele neste projeto, juntamente com Saint-Clear, quem foi companheiro durante toda a fase experimental do trabalho.

A minha namorada, Amanda Gabriele, pelo companheirismo, carinho, amor e compreensão durante minha trajetória acadêmica.

A todos, meu mais sincero obrigado!

“Agir, eis a inteligência verdadeira. Serei o que quiser. Mas tenho que querer o que for. O êxito está em ter êxito, e não em ter condições de êxito. Condições de palácio tem qualquer terra larga, mas onde estará o palácio se não o fizerem ali?”

Fernando Pessoa.

RESUMO

NETO, ERASMO VENANCIO DE LUNA **Atributos químicos do solo, produção e fisiologia da couve-flor sob doses e épocas de aplicação de ácido fúlvico.** Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, fevereiro de 2024. 90 f. Dissertação. (Programa de Pós-Graduação em ciências do Solo). Orientador: Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira.

Dentre as substâncias húmicas, o ácido fúlvico promove o crescimento de raízes, brotos e folhas, além de aumentar o teor de clorofila, fotossíntese, produção de ATP. Assim sendo, objetivou-se avaliar os efeitos de doses de ácido fúlvico em couve-flor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*) visando melhorar aspectos agronômicos da cultura. O experimento foi desenvolvido entre os anos de 2022 a 2023, em campo aberto, na empresa Canteiro Cheiro Verde, localizada no município de Nova Floresta - PB, microrregião do Curimataú Paraibano. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, organizados em esquema fatorial 4 x 3, sendo quatro doses do ácido fúlvico (0; 20; 40 e 60 L ha⁻¹) parcelados em três frações: a primeira fração foi aplicação total das doses aos 28 dias após transplantio (DAT); segunda fração corresponde a aplicação de 50% aos 14 e 50% das doses aos 28 (DAT); e o terceiro fracionamento será feito com 7, 14, e 28 (DAT), correspondendo ao percentual de 20%, 20% e 60% das doses, respectivamente. Foram realizadas análises de massa úmida, massa seca, e teor nutricional da inflorescência e das folhas, análises de crescimento, e fisiológicas das plantas e análise química do solo. Para os atributos de fertilidade do solo, as doses de ácido fúlvico influenciaram apenas o pH, diminuindo quando a aplicação foi sem fracionamento. O teor de nitrogênio da folha foi influenciado significativamente pela dose de 20 L ha⁻¹ de ácido fúlvico, com o fracionamento 2 (aplicada duas vezes). O fracionamento 3 resultou nos maiores valores das variáveis fisiológicas. A produtividade foi maior na dose 60 L ha⁻¹ do ácido fúlvico, quando usado o fracionamento 3.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* L.; bioestimulador; hortaliça; matéria orgânica.

ABSTRACT

NETO, ERASMO VENANCIO DE LUNA **Soil chemical attributes, production and physiology of cauliflower under doses and times of application of fulvic acid.** Areia – PB, Center of Agricultural Sciences, UFPB, February 2024. 89 p. Dissertation. (Graduate Program in Soil Science). Coordinator: Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira.

Among the humic substances, fulvic acid promotes the growth of roots, shoots and leaves, in addition to increasing the chlorophyll content, photosynthesis, and ATP production. Therefore, the objective was to evaluate the effects of doses of fulvic acid on cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) aiming to improve agronomic aspects of the crop. The experiment was carried out between the years 2022 and 2023, in an open field, at the company Canteiro Cheiro Verde, located in the municipality of Nova Floresta - PB, microregion of Curimataú Paraibano. The design used was in randomized blocks, organized in a 4 x 3 factorial scheme, with four doses of fulvic acid (0; 20; 40 and 60 L ha⁻¹) divided into three fractions: the first fraction was the total application of doses at 28 days after transplantation (DAT); second fraction corresponds to the application of 50% at 14 and 50% of doses at 28 (DAT); and the third fractionation will be done with 7, 14, and 28 (DAT), corresponding to the percentage of 20%, 20% and 60% of doses, respectively. Analyzes of wet mass, dry mass, and nutritional content of the inflorescence and leaves, growth and physiological analyzes of the plants and chemical analysis of the soil were carried out. For soil fertility attributes, doses of fulvic acid only influenced the pH, decreasing when the application was without fractionation. The nitrogen content of the leaf was significantly influenced by the dose of 20 L ha⁻¹ of fulvic acid, with fractionation 2 (applied twice). Fractionation 3 is the one that maximizes the physiological variables. Productivity was higher at dose of 60 L ha⁻¹ of fulvic acid when fractionation 3 was used.

Keywords: *Brassica oleracea* L.; biostimulat; vegetables; organic matter.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Valor de produção nacional da couve-flor	17
Figura 2 - Absorção dos nutrientes pela planta de couve-flor.....	19
Figura 3 - Estrutura molecular de ácido húmico	22
Figura 4 - Exemplo de ácido Fúlvico	22
Figura 5 - Localização da área do experimento.....	32
Figura 6 - Valores de pH em função de doses de ácido fúlvico e de diferentes fracionamentos.....	38
Figura 7 - Teor de potássio (K) na inflorescência de couve-flor em função de doses de ácido fúlvico.....	39
Figura 8 - Teor de nitrogênio (N) na folha de couve-flor em função de doses de ácido fúlvico	39
Figura 9 - Correlação de Pearson dos nutrientes e atributos de fertilidade do solo. Potencial hidrogênio iônico (pH); hidrogênio mais alumínio (Hal); sódio (Na); Potássio (K); fósforo (P); carbono (C); soma de bases (SB); capacidade de troca de cátions (CTC); saturação por bases (V).	40
Figura 10 - Correlação de Pearson entre os nutrientes da planta de couve-flor	41
Figura 11 - Correlação canônica dos atributos químicos do solo com os nutrientes na planta de couve-flor.	41
Figura 12 - Correlação canônica 1: solo e nutrientes da planta.....	43
Figura 13 - Correlação canônica 2: solo e nutrientes da planta.....	43
Figura 14 - Análise de componentes principais dos atributos de fertilidade do solo, nutrientes e tratamentos. Potencial hidrogênio iônico (pH); hidrogênio mais alumínio (Hal); sódio (Na); Potássio (K); fósforo (P); carbono (C); soma de bases (SB); capacidade de troca de cátions (CTC); saturação por bases V% (V)	44
Figura 15 - Análise de componentes principais dos nutrientes da planta e os tratamentos.	45
Figura 16 - Localização da área do experimento.....	58
Figura 17 - Número de folhas por planta de couve-flor em função dos fracionamentos de ácido fúlvico	65
Figura 18 - Índice de clorofila “a” em função de doses de ácido fúlvico aplicados em plantas de couve-flor em diferentes fracionamentos	66

Figura 19 - Fotossíntese líquida (A) em plantas de couve-flor em função dos fracionamentos de ácido fúlvico	68
Figura 20 - Eficiência instantânea de carboxilação (EIC) em plantas de couve-flor em função dos fracionamentos de ácido fúlvico	68
Figura 21 - Massa da matéria fresca da inflorescência de plantas de couve-flor em função de doses de ácido fúlvico	69
Figura 22 - Massa seca da inflorescência de plantas de couve-flor em função de doses de ácido fúlvico	69
Figura 23 - Produtividade da couve-flor em função de doses de ácido fúlvico	70
Figura 24 - Correlação de Pearson entre os atributos biométricos e partes da planta de couve-flor. Diâmetro do caule (dc), número de folhas (nf), massa fresca da inflorescência (mf), massa seca da inflorescência (ms), massa da folha fresca (ff), massa da folha seca (ms), massa da raiz (mr), taxa de crescimento relativo da altura (trcalt), taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (tcrdc), área foliar (af), produtividade (prod).	71
Figura 25 - Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), concentração interna de carbono (Ci), taxa transpiratória (E), eficiência instantânea de carboxilação (EiC), e eficiência no uso de água (EUA).	72
Figura 26 - Correlação canônica 1 dos atributos de fertilidade e nutrientes do solo com os atributos de crescimento e produtividade da planta. Correlação canônica 2 dos atributos de fertilidade e nutrientes do solo com os atributos de crescimento e produtividade da planta	74
Figura 27 - Primeiro par canônico entre variáveis do solo e fisiológicas	75
Figura 28 - Segundo par canônico entre variáveis do solo e fisiológicas	75
Figura 29 - Análise de componentes principais dos atributos de crescimento da couve-flor e os tratamentos. Diâmetro do caule (dc), número de folhas (nf), massa fresca da inflorescência (mf), massa seca da inflorescência (ms), massa da folha fresca (ff), massa da folha seca (ms), massa da raiz (mr), taxa de crescimento relativo da altura (trcalt), taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (tcrdc), área foliar (af), produtividade (prod).	76
Figura 30 - Análise dos componentes principais das variáveis fisiológicas da couve-flor. Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), concentração interna de carbono (Ci), taxa transpiratória (E), clorofila a (cloa), clorofila b (clob), florescência variável (Fv-f0), e rendimento fotoquímico máximo do fotossistema II (Fv/fm).	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química do produto à base de ácido fúlvico	33
Tabela 2 - Atributos químicos do solo	35
Tabela 3 - Atributos físicos do solo	35
Tabela 4 - Propriedades da água de irrigação	35
Tabela 5 - Resumo da análise de variância dos atributos químicos do solo. Carbono (C), capacidade de troca catiônica (CTC), hidrogênio + alumínio (Hal), Potássio (K), sódio (Na), fósforo (P), potencial hidrogênio iônico (pH), soma de bases (SB), e saturação de bases (V).	37
Tabela 6 - Análise de variância dos macronutrientes da couve-flor. Potássio (Kf), nitrogênio (Nf), e fósforo (Pf) da folha. Potássio (Kc), nitrogênio (Nc) e fósforo (Pc) da inflorescência.	38
Tabela 7 - Correlações canônicas e pares canônicos estimados entre componentes primários Grupo I: potencial hidrogênio iônico (pH), hidrogênio mais alumínio (Hal), sódio (Na), potássio (K), carbono (C), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V) e secundários Grupo II: nitrogênio na folha (Nf), fósforo na folha (Pf), potássio na folha (Kf), nitrogênio na inflorescência (Nc), fósforo na inflorescência, e potássio na inflorescência.	42
Tabela 8 - Composição química do produto à base de ácido fúlvico	58
Tabela 9 - Atributos químicos do solo antes da instalação do experimento	62
Tabela 10 - Atributos físicos do solo	62
Tabela 11 - Propriedades da água de irrigação	63
Tabela 12 - Análise de variância dos atributos biométricos da couve-flor. Taxa de crescimento relativo (Tcralt), taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule, taxa de crescimento relativo da área foliar (Trcaf)	64
Tabela 13 - Valores referentes as variáveis fisiológicas feitos com clorofilog (Cloy, Clob e Clot) e fluorometro (F0, FV/F0, FV/FM). Clorofila a (Cloy), clorofila b (Clob), clorofila total (Clot), fluorescência inicial (F0) (mínima), fluorescência máxima (FM), e fluorescência variável (FV).	65
Tabela 14 - Resumo da análise de variância de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), concentração interna de carbono (Ci) e taxa transpiratória (E) em função de doses de AF e fracionamentos.	67

Tabela 15 - Análise de variância das partes da planta da couve-flor, e sua produtividade.....	68
Tabela 16 - Correlações canônicas e pares canônicos estimados entre componentes primários Grupo I: potencial hidrogênio iônico (pH), hidrogênio mais alumínio (Hal), sódio (Na), potássio (K), carbono (C), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V) e secundários Grupo II: altura (alt), diâmetro do caule (dc), massa seca da inflorescência (ms), folha seca (fs), massa da raiz (mr), taxa de crescimento relativo da altura (trcalt), taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (trcdc), área foliar (af), produtividade (prod).	73
Tabela 17 - Correlações canônicas e pares canônicos estimados entre componentes primários Grupo I: potencial hidrogênio iônico (pH), hidrogênio mais alumínio (Hal), sódio (Na), potássio (K), carbono (C), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V) e secundários Grupo II: fotossínteses líquida (A), condutância estomática (gs), concentração interna de carbono (Ci), taxa transpiratória (E), eficiência instantânea de carboxilação (EiC), e eficiência no uso de água (EUA), Clorofila a (C _{loa}), clorofila b (C _{lob}), fluorescência inicial (F ₀) (mínima), fluorescência máxima (F _M), e florescência variável (FV).	74

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	14
2	OBJETIVOS	15
2.1	GERAL	15
2.2	ESPECÍFICOS	15
3	REVISÃO LITERÁRIA	16
3.1	COUVE-FLOR	16
3.1.1	Origem e descrição botânica	16
3.1.2	Importância econômica	17
3.1.3	Condições Climáticas Para O Desenvolvimento Da Couve-Flor	18
3.1.4	EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS	18
3.2	BIOESTIMULANTES NA PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS	20
3.3	SUBSTÂNCIAS HÚMICAS	21
3.3.1	ÁCIDO FÚLVICO EM HORTALIÇAS	23
	REFERÊNCIAS	25
4	INTRODUÇÃO	30
5	MATERIAL E MÉTODOS	31
5.1	LOCAL DA PESQUISA	31
5.2	ETAPA I: CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO NO CAMPO	32
5.2.1	FONTES DE ADUÇÃO ORGÂNICA	33
5.2.2	FONTES DE ADUBAÇÃO MINERAL	34
5.3	ETAPA II: ANÁLISE DO EXPERIMENTO EM AMBIENTE CONTROLADO	34
5.3.1	FERTILIDADE DO SOLO	34
5.3.2	ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	35
5.3.3	NUTRIENTES	36
5.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	36
6	RESULTADOS	37
7	DISCUSSÃO	45
8	CONCLUSÕES	49
	REFERÊNCIAS	50
9	INTRODUÇÃO	56
10	MATERIAL E MÉTODOS	57
10.1	ETAPA I: CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO NO CAMPO	58

10.1.1 FONTES DE ADUÇÃO ORGÂNICA	59
10.1.2 FONTES DE ADUBAÇÃO MINERAL	60
10.2 ETAPA II: CONDUÇÃO DE AVALIAÇÕES DO EXPERIMENTO EM CAMPO	60
10.2.1 Crescimento	60
10.2.2 Análises Fisiológicas	61
10.2.3 Colheita.....	61
10.3 ETAPA III: ANÁLISES EM AMBIENTE CONTROLADO	62
10.3.1 Fertilidade do solo	62
10.3.2 Água De Irrigação	63
10.3.3 Nutrientes	63
10.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	63
11 RESULTADOS	64
12 DISCUSSÃO	78
13 CONCLUSÕES	81
14 AGRADECIMENTOS	82
REFERÊNCIAS.....	83

1 INTRODUÇÃO GERAL

O mundo enfrenta atualmente os desafios combinados de alimentar uma população crescente, ao passo que deve usar os recursos naturais de forma racional e proteger o meio ambiente (CANELLAS, 2015). Além desse fato, as mudanças climáticas são fatores complicadores nesse cenário, e o semiárido brasileiro é uma das regiões mais sensíveis, e a que mais sofre com elas. A agricultura praticada nessa região enfrenta sólidas barreiras, principalmente no manejo de hortaliças, pois estas necessitam de uma maior atenção durante todo seu ciclo (FILHO, 2016). A olericultura no Nordeste desempenha um papel significativo nos âmbitos social, econômico, industrial e alimentar. Movimentando aproximadamente R\$ 25 bilhões nacionalmente e gerando cerca de 7 milhões de empregos diretos e indiretos, essa atividade está em constante expansão em diversas regiões do país (HORTIFRUTI, 2018).

Dentre as principais hortaliças cultivadas na região Nordeste, destaca-se a couve-flor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*) que são cultivadas geralmente em pequenas áreas, por tratar-se de uma cultura lucrativa e exigente em mão-de-obra, sendo esta, mais exigida na sua colheita (SCHNITZLER, 2017). Contudo, é importante frisar que a intensificação da agricultura e a produção de alimentos saudáveis vem atingindo um momento crítico, visto que grandes produções demandam cada vez mais fertilizantes, um insumo limitado no planeta Terra, desta forma, são necessárias novas tecnologias para que esse processo de produção agrícola ocorra de forma sustentável (BRAZIENE et al., 2021).

Nesse aspecto, a matéria orgânica contribui significativamente na produção agrícola, pois é essencial para a saúde do solo, servindo como fonte de nutrientes para plantas e microrganismos, promovendo boa estrutura física do solo e minimizando a erosão, constituindo um dos mais importantes reservatórios de carbono. A matéria orgânica do solo (MOS) vem sendo estudada há várias décadas e o entendimento de suas frações - as substâncias húmicas (SH), avançaram significativamente (PRIMO, 2011). Dentre essas frações, os ácidos fúlvicos, que apresentam maior solubilidade, possuem compostos com baixa massa molecular inferiores aos ácidos húmicos, no entanto, possui grande número de grupos funcionais ácidos (DEMARCO, 2018). Estes grupos ácidos funcionais acarretam em uma grande

função dos ácidos fúlvicos no solo, que é a geração de carga no solo (CTC), principalmente naqueles que apresentam baixa fertilidade, a exemplo dos latossolos.

O ácido fúlvico é uma das substâncias húmicas que tem sido bastante utilizada como bioestimulante vegetal (ROSA, 2021). O ácido fúlvico promove o crescimento de raízes, brotos e folhas, além de atuar aumentando a respiração, biossíntese de clorofila, aumento da taxa fotossintética, produção de ATP e, quando no solo, estimula a adsorção de íons aumentando significativamente a CTC (CALVO et al., 2014). Outros autores como Canellas et al. (2015), descrevem que os efeitos fisiológicos dos ácidos fúlvicos na planta são semelhantes aos das auxinas. Além disso, por conta do seu baixo peso molecular, estes ácidos podem permanecer na solução do solo até mesmo quando estas possuem altas concentrações de sais e suportam uma ampla faixa de pH (ZIMMERLI et al., 2008).

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar a eficiência doses e diferentes épocas de aplicação do ácido fúlvico na produção de couve-flor nas condições edafoclimáticas do semiárido Paraibano.

2.2 ESPECÍFICOS

- Avaliar os teores de nutrientes absorvidos pelas plantas de couve-flor;
- Avaliar o crescimento da planta;
- Estudar os efeitos dos bioestimulante acerca de trocas gasosas, índices e fluorescência de clorofila nas plantas de couve-flor.
- Analisar a correlação entre os atributos de fertilidade do solo com os nutrientes da planta, fisiologia, crescimento e produtividade.

3 REVISÃO LITERÁRIA

3.1 COUVE-FLOR

3.1.1 Origem e descrição botânica

A couve-flor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*) é uma hortaliça que se originou na Costa do Mediterrâneo, e espalhou-se pelo continente Europeu no início do século XVII. A introdução das primeiras cultivares tradicionais no Brasil foram trazidas, provavelmente, com a chegada dos primeiros imigrantes italianos no século XIX (MAY et al., 2007).

A planta de couve-flor possui folhas alongadas, com limbo elíptico, raízes concentradas na profundidade de 20 cm em função do sistema de cultivo. A parte comestível da couve-flor é sua inflorescência imatura inserida sobre um curto caule, e esta pode ter coloração branca, creme, amarela, e as variedades mais atuais podem apresentar cor roxa e verde (BARRAL et al., 2017).

A couve-flor é uma planta alógama, e sua polinização é feita por insetos. Possui flores hermafroditas, muito pequenas, com quatro sépalas e quatro pétalas com coloração que varia entre creme, amarela e branca. Possui seis estames e suas anteras estão receptivas apenas quando se aproxima a abertura da flor (IAC, 2007).

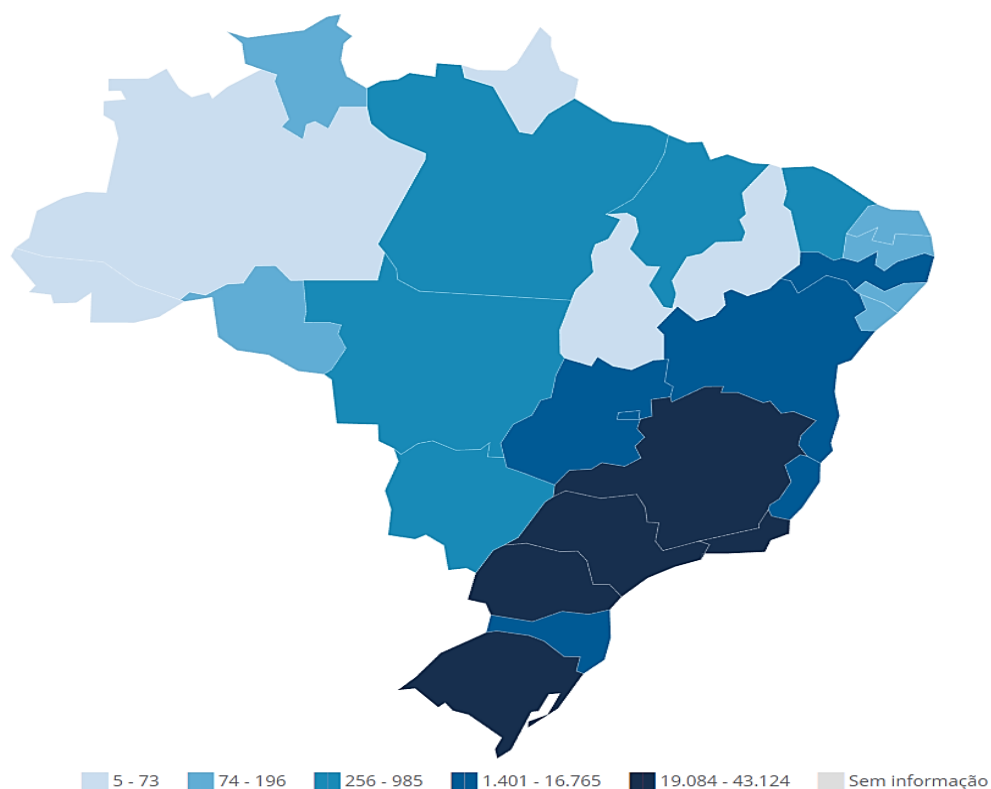
Uma das formas tradicionais de classificar as cultivares desta planta é de acordo com o número de dias que são necessários para a produção da “cabeça” e pela ideal época de sua semeadura. As variedades podem ser classificadas como precoces (80 a 110 dias de ciclo); medianas (110 a 130 dias de ciclo) e tardias (130 a 150 dias de ciclo) (LUIZ, 2013).

3.1.2 Importância econômica

A couve-flor é uma das principais hortaliças plantadas em todo o mundo, possuindo uma área plantada quem juntamente com o couve-brócolis de 1.369.832 hectares e uma produção de mais de 26 milhões de toneladas, e com produtividade média de 18,73 toneladas por hectare. A China, Índia, Estados Unidos, Espanha e Itália são os maiores produtores desta hortaliça (FAO, 2022). No Brasil, essa que é fonte de renda de várias famílias que praticam a agricultura familiar, a produção é de 140.067 toneladas, que teve um valor de 171. 699 milhões de reais, anuais. Os maiores produtores desta hortaliça são: São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina, e Minas Gerais (IBGE, 2017). Na região Nordeste destacam-se os estados da Bahia e do Pernambuco, tendo estes os maiores valores de produção somando mais de 1.163 toneladas por ano.

Figura 1 - Valor de produção nacional da couve-flor

Mapa - Couve-flor - Valor da produção (Mil Reais) | [exibir Tabela](#)



Fonte: IBGE, 2017

3.1.3 Condições climáticas para o desenvolvimento da couve-flor

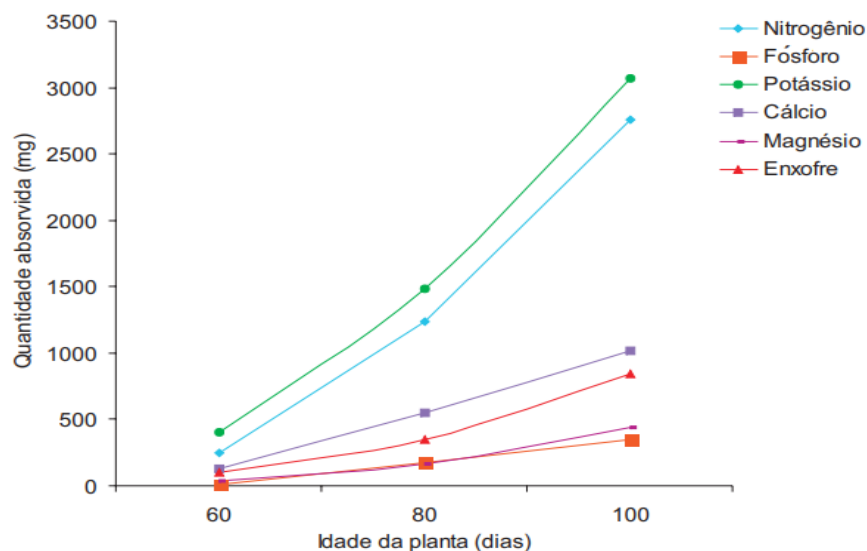
A temperatura é considerada o principal fator climático que afeta a produção de couve-flor. Esta cultura já foi considerada típica de outono-inverno, mas não possui resistência à geada, exigindo temperaturas mais amenas para formar “cabeças” que é a parte comercial da planta (IAC, 2007). A faixa de temperatura considerada ótima para a couve-flor é de 14 a 20 °C, e o cultivo em temperaturas acima de 25 °C provoca a não-formação ou má-formação da “cabeça” com perda de compacidade. Em contrapartida, as temperaturas que se aproximam a 0 °C causam lesões no ápice dos ramos por congelamento, o que resulta também em uma má formação da inflorescência (SCHNITZLER, 2017).

Em condições favoráveis à couve-flor, seu crescimento e desenvolvimento são divididos em quatro estádios: o primeiro ocorre de 0 a 30 dias, e refere-se ao crescimento inicial logo depois da emergência das plântulas até a emissão definitiva da 5ª ou 7ª folha; o segundo estágio acontece no período de 30 a 60 dias, essa é a fase correspondente a expansão das folhas externas; No terceiro estágio, de 60 a 90 dias, é a fase que ocorre a diferenciação e o desenvolvimento dos primórdios florais e das folhas externas. De 90 a 120 dias, é o período que acontece o desenvolvimento da inflorescência, definido como quarto estágio (PALADINO, 2016).

3.1.4 Exigências nutricionais

A couve-flor é uma planta que demanda uma alta quantidade de nutrientes em curto período, contudo, as atuais doses de fertilizantes recomendadas subestimam a necessidade real desta cultura para uma boa produção com produtos de qualidade (CASTOLDI et al., 2009).

Estudos realizados por Oliveira et al. (1971), mostraram a absorção de nutrientes pela planta da couve-flor durante seu ciclo (Figura 2).

Figura 2 - Absorção dos nutrientes pela planta de couve-flor.

Fonte: OLIVEIRA et al., 1971

Com o avanço genético da agricultura, novas variedades surgem cada vez mais rápido e suas exigências são cada vez maiores em menos tempo. Contudo, as exigências nutricionais e os percentuais de exigência de cada nutriente mantiveram-se semelhante. Segundo Kano et al. (2010) existe uma relação direta entre a superfície foliar e o desenvolvimento da inflorescência da couve-flor, ou seja, plantas com melhor desenvolvimento produzem uma “cabeça” maior e consequentemente, aumenta sua produtividade.

A esse respeito, Bolfarini et al. (2017), constataram um aumento na demanda de nitrogênio pela couve-flor em cerca de 29 dias após transplantio (DAT), sendo que aproximadamente 52% do total de nitrogênio recomendado para essa cultura deverá ser aplicado entre 40 e 70 DAT. De acordo com os autores relatam que o fósforo (P) apresentou uma distribuição de demanda similar ao nitrogênio, sendo necessário a aplicação de aproximadamente 53% do total de P recomendado para cultura durante o início da fase reprodutiva, onde a necessidade nutricional pelo P torna-se mais intensa.

O potássio é o segundo nutriente mais exigido pela cultura da couve-flor (CASTOLDI et al., 2009; TAKEISHI et al., 2009) o aumento na demanda por potássio inicia-se com formação da inflorescência. O fornecimento deste elemento às brássicas

ajuda na resistência às doenças, equilibrando a adubação de nitrogênio e auxilia na manutenção dos tecidos tornando-os mais fibrosos (SEABRA JÚNIOR et al., 2013).

Já o magnésio (Mg) e o cálcio (Ca), são nutrientes mais exigidos pela couve-flor entre 29 e 42 DAT, sendo requerido durante essa fase quase metade da recomendação de Mg para essa cultura (BOLFARINI et al., 2017). Segundo Marschner (2012), a demanda maior pelo Mg durante o crescimento vegetativo está associada à sua importância na estrutura da clorofila e em enzimas responsáveis pelas reações fosforilativas. A este respeito, Nucleus (2009), observou que ocorreu uma diminuição significativa do diâmetro de caule, altura, área foliar e da matéria seca das folhas, raízes e do total da planta de couve-flor cultivada na solução nutritiva sem a presença de Mg.

Próximo ao final do ciclo da cultura, o macronutriente enxofre é exigido em maiores quantidades, isto acontece pelo fato de que esse nutriente é necessário à formação da inflorescência. Uma das principais funções do enxofre no metabolismo vegetal está relacionada à sua capacidade em aumentar a incorporação do N em compostos orgânicos (OLIVEIRA, 2014).

3.2 BIOESTIMULANTES NA PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS

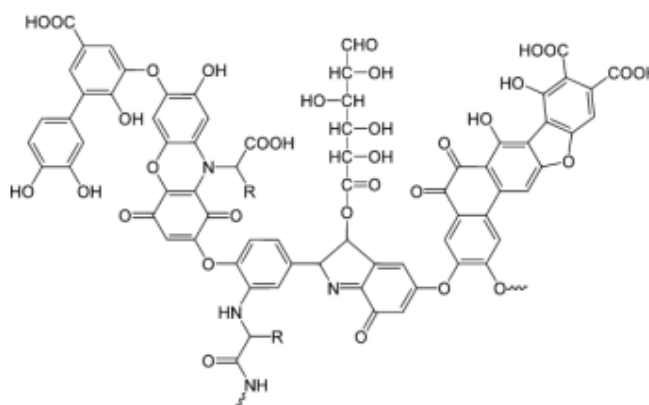
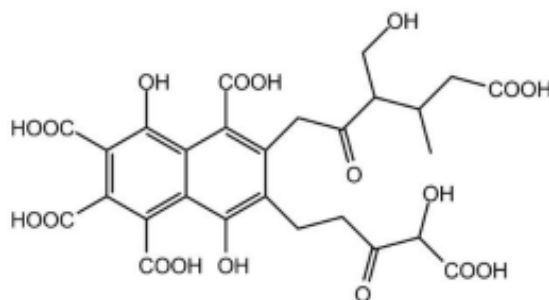
Os bioestimulantes surgem como componentes essenciais de uma estratégia eficaz para atender à crescente demanda por produtos alternativos aos fertilizantes convencionais, destacando-se por sua bioatividade, ausência de efeitos tóxicos em organismos não-alvo e baixa persistência ecológica (KOCIRA et al., 2020 ; LAU et al., 2022). Esses bioestimulantes tratam-se de substâncias ou microrganismos aplicados nas plantas com o objetivo de facilitar a absorção de nutrientes, reforçar a resistência ao estresse ambiental e aprimorar as características qualitativas da colheita, tudo isso contribuindo para um bom rendimento (DEL BUONO, 2021). São tidos como bioestimulantes as substâncias bioativas como os ácidos húmicos, hidrolisados de proteínas, compostos nitrogenados, extratos de algas marinhas, quitosana, biopolímeros e compostos inorgânicos (LAU et al, 2022).

Segundo Ekin, (2019), o uso de ácido húmico e rizobactérias no cultivo de batata (*Solanum tuberosum* var. Caspar) melhorou o crescimento das plantas, biomassa, rendimento, qualidade das características (tamanho, peso, amido e teor de proteína), aumento das composições minerais (P, K, Ca, Mg, Fe, Zn e Mn). O uso de bioestimulante a base de algas *Ecklonia máxima* juntamente com moléculas bioativas derivadas de fumaça foi eficiente no aumento da altura, área foliar, diâmetro do caule, biomassa, pigmentos de fotossíntese, conteúdo de carotenóides, proteínas totais, conteúdo de prolina, e conteúdo de ácido fenólico livre, entre outros, do espinafre (*Spinacia oleracea* var Viroflay) (Kulkarni et. al, 2019). Na cultura do tomate (*Solanum lycopersicum*) também foi constatado efeitos positivos de bioestimulante à base de ácidos húmicos, nos quais promoveram o bombeamento de prótons induzido, atividade de ATPases, alongamento celular e afrouxamento da parede celular, maior acúmulo de biomassa radicular, eficiência de nutrientes e capacidade de forrageamento de raízes (HAYAT et al, 2018).

3.3 SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

As substâncias húmicas são formadas a partir de transformações químicas e biológicas, frutos da decomposição da matéria vegetal e animal, com ação da biota do solo, esse processo forma o maior reservatório de carbono da Terra (SIMPSON et al., 2002). Essas representam uma das frações da matéria orgânica do solo e são consideradas como indicativos de grau de humificação da matéria orgânica do solo, e podem ser divididas em três frações: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina (NASCIMENTO et al., 2010). As figuras 3 e 4 mostram exemplos da complexidade dos ácidos húmicos.

Segundo Silva, 2021, as substâncias húmicas são amorfas, constituídas por um material de coloração marrom escuro, que tem um odor leve, são hidrofílicas e quimicamente complexas, por conta disto, sua origem, síntese e complexidade são amplamente estudadas.

Figura 3 - Estrutura molecular de ácido húmico**Fonte:** Stevenson (1994)**Figura 4** - Exemplo de ácido Fúlvico**Fonte:** Stevenson (1994)

As substâncias húmicas são compartimento da MOS que é responsável por provocar maior reatividade nos solos, são elas que apresentam ligação direta na maior parte das reações químicas presentes nos solos (ROSA et al., 2017). Essas frações recebem uma classificação de acordo com sua capacidade de se solubilizarem em meios alcalinos ou ácidos (BALDOTTO et al., 2014). O ácido fúlvico apresenta solubilidade em pH ácido e alcalino, já o ácido húmico fica solúvel apenas em pH acima de 4,5, precipitando em pH ácido (GALDINO, 2016).

De acordo com Bulgari et al. (2019), as substâncias húmicas são classificadas como bioestimulantes. Essas substâncias podem alterar e promover eficientes resultados nos processos metabólicos e fisiológicos da planta, reduzindo estresses do ambiente, como aumento da divisão celular, síntese de clorofila, ação da fotossíntese, diferenciação das gemas florais, expansão radicular e influência positiva na produtividade (FRASCA et al., 2020). Essas substâncias também estimulam a produção de hormônios vegetais e afetam positivamente mecanismos fisiológicos para o desenvolvimento da planta (SILVA et al., 2011).

3.3.1 Ácido fúlvico em hortaliças

Os ácidos fúlvicos (AF) são solúveis em água, soluções ácidas e alcalinas. Mesmo com a similaridade de suas estruturas com os ácidos húmicos, esses apresentam menor peso molecular, maior quantidade de compostos fenólicos tornando sua reatividade na solução do solo maior, e grupos carboxílicos com menor quantidade de estrutura aromática (CARON et al, 2015). Além disso, o autor que essas características conferem maior capacidade de troca catiônica (700 a 1000 meq 100 g⁻¹). Piccolo (2002), redefiniu o AF como agrupamentos de pequenas moléculas hidrofílicas nas quais existem grupos funcionais ácidos suficientes para manter os aglomerados fúlvicos dispersos em solução em qualquer pH. Suas conformações crescem progressivamente em tamanho mediante aumento das ligações de hidrogênio intermoleculares são formadas cada vez mais em pH mais baixo até que a matéria húmica flocule (PICCOLO, 2002; CANELLAS, 2015).

O AF aumenta o transporte de minerais através da membrana celular (KAMRAN et al., 2023), em leguminosas, apresenta potencial bioestimulante no crescimento da planta (FANG et al., 2020). Quando aplicados no cultivo de beterraba sacarina (*Beta Vulgaris* L.), aumenta o poder de germinação, rendimento da cultura, e mitigação dos danos aos brotos por *Fusarium* sp. e *Microdochium nivale* (BRAZIENE, 2021). Os efeitos do AF podem ser mais observados em condições adversas, como a seca, aumentando o teor de prolina nas plantas (ANJUM et al., 2022) e níveis de concentrações de superóxido dismutase, peroxidase e catalase em plantas de colza (*Brassica napus*) (LOTFI, 2015). Em situação de estresse por metais

pesados, o AF se liga fortemente com estes íons e os indisponibilizando para a absorção das plantas (ÖZKAY et al., 2016).

No cultivo de batata (*Solanum tuberosum*) a aplicação de produtos comerciais de AH e AF aplicados no solo ou pulverizados aumentou a eficiência de nutrientes e peso dos tubérculos, e diminuiu a incidência da doença coração oco (SUH et al., 2014). Já Rauthan & Schnitzer (1981), constataram que houve aumento do crescimento e desenvolvimento, absorção de nutrientes e floração de plantas de pepino (*Cucumis sativus*) submetidas a doses de 20 a 2.000 ppm adicionado à solução Hoagland.

REFERÊNCIAS

ANJUM, S. A.; WANG, L.; FAROOQ, M.; XUE, L.; & ALI, S.. Fulvic acid application improves the maize performance under well-watered and drought conditions. **Journal of agronomy and crop science**, v. 197, n. 6, p. 409-417, 2011. DOI:10.1111/j.1439-037X.2011.00483.x

BRAZIENE, Z.; PALTANAVICIUS, V.; AVIZIENYTĖ, D. The influence of fulvic acid on spring cereals and sugar beets seed germination and plant productivity. **Environmental research**, v. 195, p. 110824, 2021. DOI: 10.1016/j.envres.2021.110824

Crops and livestock products. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATIONS OF THE UNITED NATIONS – FAO DATABASE. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso: 25 de fevereiro de 2024.

DEL BUONO, D. Can biostimulants be used to mitigate the effect of anthropogenic climate change on agriculture? It is time to respond. **Science of the Total Environment**, v. 751, p. 141763, 2021. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141763

EKIN, Z. Integrated use of humic acid and plant growth promoting rhizobacteria to ensure higher potato productivity in sustainable agriculture. **Sustainability**, v. 11, n. 12, p. 3417, 2019. Doi: 10.3390/su11123417

FANG, Z.; WANG, X.; ZHANG, X.; ZHAO, D.; & TAO, J.. Effects of fulvic acid on the photosynthetic and physiological characteristics of *Paeonia ostii* under drought stress. **Plant Signaling & Behavior**, v. 15, n. 7, p. 1774714, 2020. Doi: 10.1080/15592324.2020.1774714

HAYAT, S.; AHMAD, H.; ALI, M.; REN, K.; & CHENG, Z.. Aqueous garlic extract stimulates growth and antioxidant enzymes activity of tomato (*Solanum lycopersicum*). **Scientia Horticulturae**, v. 240, p. 139-146, 2018. DOI:10.1016/j.scienta.2018.06.011

KAMRAN, A.; MUSHTAQ, M.; ARIF, M.; & RASHID, S. Role of biostimulants (ascorbic acid and fulvic acid) to synergize *Rhizobium* activity in pea (*Pisum sativum* L. var. Meteor). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 196, p. 668-682, 2023. DOI: 10.1016/j.plaphy.2023.02.018

KOCIRA, S.; SZPARAGA, A.; KOCIRA, A.; CZERWIŃSKA, E.; DEPO, K.; ERLICHOWSKA, B.; & DESZCZ, E.. Effect of applying a biostimulant containing seaweed and amino acids on the content of fiber fractions in three soybean cultivars. **Legume Research-An International Journal**, v. 42, n. 3, p. 341-347, 2019. DOI: 10.18805/LR-412

KULKARNI, M. G.; RENGASAMY, K. R.; PENDOTA, S. C.; GRUZ, J.; PLAČKOVÁ, L.; NOVÁK, O.; DOLEZAL, K.; & VAN STADEN, J. . Bioactive molecules derived from smoke and seaweed *Ecklonia maxima* showing phytohormone-like activity in

Spinacia oleracea L. **New biotechnology**, v. 48, p. 83-89, 2019.
DOI: [10.1016/j.nbt.2018.08.004](https://doi.org/10.1016/j.nbt.2018.08.004)

LAU, S. E.; TEO, W. F. A.; TEOH, E. Y.; & TAN, B. C. Microbiome engineering and plant biostimulants for sustainable crop improvement and mitigation of biotic and abiotic stresses. **Discover Food**, v. 2, n. 1, p. 9, 2022. Doi: [10.1007/s44187-022-00009-5](https://doi.org/10.1007/s44187-022-00009-5)

LOTFI, R.; PESSARAKLI, M.; GHARAVI-KOUCHEBAGH, P.; & KHOSHVAGHTI, H.. Physiological responses of Brassica napus to fulvic acid under water stress: Chlorophyll a fluorescence and antioxidant enzyme activity. **The Crop Journal**, v. 3, n. 5, p. 434-439, 2015. Doi: [10.1016/j.cj.2015.05.006](https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.05.006)

ÖZKAY, F.; KIRAN, S.; KUŞVURAN, Ş.; & ELLIALTIOĞLU, Ş. Ş.. Hüyük asit uygulamasının kıvrık salata bitkisinde ağır metal stresi zararını azaltma etkisi. **Turkish Journal Of Agriculture-Food Science And Technology**, v. 4, n. 6, p. 431-437, 2016. DOI:[10.24925/turjaf.v4i6.431-437.542](https://doi.org/10.24925/turjaf.v4i6.431-437.542)

Produção de Couve-flor. Instituto Brasileiro de geografia e estatística. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/couve-flor/br>. Acesso: 25 de fevereiro de 2024.

RAUTHAN, B. S.; SCHNITZER, M. Effects of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (Cucumis sativus) plants. **Plant and Soil**, v. 63, p. 491-495, 1981. Doi: [10.1007/BF02370049](https://doi.org/10.1007/BF02370049)

SUH, H. Y.; YOO, K. S.; SUH, S. G. Tuber growth and quality of potato (Solanum tuberosum L.) as affected by foliar or soil application of fulvic and humic acids. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 55, p. 183-189, 2014. Doi: [10.1007/s13580-014-0005-x](https://doi.org/10.1007/s13580-014-0005-x)

CAPÍTULO 1

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E TEORES FOLIARES DE MACRONUTRIENTES EM COUVE-FLOR SOB DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ÁCIDO FÚLVICO

Atributos químicos do solo e teores foliares de macronutrientes na couve flor
(*Brassica oleracea* L.) sob doses de ácido fúlvico

NETO, ERASMO VENANCIO DE LUNA **Atributos químicos do solo, produção e fisiologia da couve-flor sob doses e épocas de aplicação de ácido fúlvico.** Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, fevereiro de 2024. 90 f. Dissertação. (Programa de Pós-Graduação em ciências do Solo). Orientador: Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira.

Resumo: A presença e a concentração de nutrientes no solo, incluindo macronutrientes e micronutrientes, são determinantes para o desenvolvimento das plantas. O ácido fúlvico influencia as características do solo e as propriedades fisiológicas das plantas. Diante do exposto, objetivou-se avaliar os efeitos da dose e do fracionamento na aplicação de ácido fúlvico nos atributos químicos do solo e nos teores foliares de macronutrientes no couve-flor. O experimento foi desenvolvido de agosto até dezembro de 2022, em campo aberto no município de Nova Floresta, PB. O delineamento utilizado foi em blocos casualizado, organizados em esquema fatorial 4x3, sendo quatro doses de ácido fúlvico (AF) (0, 20, 40 e 60 L ha⁻¹) aplicados em três fracionamentos F1 - 100% aos 28 DAT, F2 - 50% aos 14 DAT e 50% aos 28 DAT, F3 - 20%, 20% e 60% aos 7, 14, e 28 DAT, respectivamente. Foram feitas análises de solo, água de irrigação, e teores de macronutrientes nos tecidos foliares das plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão para doses e ao teste de Tukey para fracionamentos. Também foram feitas análises multivariadas: correlação canônica e análises de componentes principais realizadas utilizando o software estatístico R[®] 4.2.0, e as figuras construídas no software SigmaPlot[®] versão 12.5. Ocorreu influência significativa no valor do pH. O teor de potássio (K) na inflorescência aumentou à medida que aumentaram as doses de AF. Ocorreu correlação negativa entre o pH e o H+Al (acidez potencial) e positiva quando comparado pH e saturação de bases (V). Quanto à correlação canônica, os principais fatores que contribuíram para esta correlação foram o potássio, a CTC e fósforo no solo, com potássio na inflorescência, nitrogênio na folha, e nitrogênio na inflorescência, respectivamente.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* L.; bioestimulante; nutrientes; fertilidade.

NETO, ERASMO VENANCIO DE LUNA **Soil chemical attributes, production and physiology of cauliflower under doses and application times of fulvic acid.** Areia – PB, Center of Agricultural Sciences, UFPB, February 2024. 89 p. Dissertation. (Graduate Program in Soil Science). Coordinator: Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira.

Abstract: The presence and concentration of nutrients in the soil, including macronutrients and micronutrients, are decisive for plant development. Fulvic acid influences soil characteristics and the physiological properties of plants. Given the above, this chapter aimed to evaluate the effects of dose and fractionation in the application of fulvic acid on the chemical attributes of the soil and nutrition of organic cauliflower. The experiment was carried out from August to December 2022, in an open field, on private property, located in the municipality of Nova Floresta – PB. The beds had dimensions of 40 m long, 0.80 m wide and 0.20 m high. The source of organic fertilizer used was cattle manure. Mineral fertilization was carried out with NPK, in

addition to Ca, Mg, and S. The biostimulator used was a commercial product source of fulvic substances. The design used was in randomized blocks, organized in a 4x3 factorial scheme, with four doses of AF (0, 20, 40 and 60 L ha⁻¹) applied in three fractions F1 - 100% at 28 DAT, F2 - 50% at 14 DAT and 50% at 28 DAT, F3 - 20%, 20% and 60% at 7, 14, and 28 DAT, respectively. Soil, irrigation water, and leaf macronutrient levels were analyzed. The data were subjected to analysis of variance using the F test, compared using the Tukey test and Pearson's correlation, and multivariate analyzes were carried out: canonical correlation and principal component analyzes carried out using the statistical software R® 4.2.0, and the figures were constructed in SigmaPlot® software version 12.5. There was a significant influence on the pH value. The potassium (K) content in the inflorescence increased as the AF doses increased. There was a negative correlation between pH and H⁺al (potential acidity) and a positive correlation when comparing pH and base saturation (V). As for the canonical correlation, the main factors that contributed to this correlation were potassium, CEC and phosphorus in the soil, with potassium in the inflorescence, nitrogen in the leaf, and nitrogen in the inflorescence, respectively.

Key-words: *Brassica oleracea* L.; biostimulant; nutrients; fertility.

4 INTRODUÇÃO

O solo é um sistema dinâmico, composto por minerais, matéria orgânica, água e organismos vivos, cada um contribuindo para a complexidade do ambiente edáfico (BETTIOL et al., 2023). A presença e a concentração de nutrientes no solo, incluindo macronutrientes e micronutrientes, são determinantes para o desenvolvimento das plantas. A forma como esses nutrientes interagem com as partículas do solo, sua disponibilidade e mobilidade são aspectos cruciais da química do solo, influenciando a absorção pelas plantas e, por conseguinte, a qualidade da produção agrícola (SALAM et al., 2023).

A aplicação no solo de bioestimulantes, como exemplo as substâncias húmicas (SH), é responsável por melhorias químicas que ocorrem devido à atuação como agentes complexantes, desfavorecendo a presença de íons metálicos na solução do solo e, conseqüentemente, reduzindo a toxicidade desses elementos (CARON et al., 2015). Além disso, essas melhorias aumentam a capacidade tampão do solo, minimizando as flutuações no pH do solo (PRIMO et al., 2011). As substâncias húmicas (SH's) promovem melhorias substanciais nas propriedades físico-químicas do solo, incluindo o aumento da capacidade de retenção de água, aprimorando a aeração e agregação das partículas do solo, estimulando a atividade microbiana e favorecendo a mineralização eficiente de micro e macronutrientes (KUMAR SHOOTAR et al., 2020). O ácido fúlvico (AF), uma das frações dessas substâncias húmicas, é fonte de estudo para entender os seus efeitos no solo. O AF é um agente complexante natural com alta oxidação, estabilidade biológica e solubilidade em água (ISLAM et al., 2020). Contribuindo com esta discussão, Oliveira et al. (2021), mostrou em seu trabalho os efeitos positivos da adição de ácido fúlvico para a liberação de elementos químicos no solo, como exemplo o P em solos com alto teor de retenção deste nutriente.

Os efeitos positivos do AF têm sido constatados também em plantas. Quando presente na forma de grupos carboxila (COOH^-) e fenólicos (OH^-), o AF influencia as características do solo e as propriedades fisiológicas das plantas (ROBERT, 2014). A este respeito, Sharif et al. (2002), afirmam que o AF tem participação direta e indireta no crescimento das plantas. Já, Braziene et al. (2021), argumentam que estas

substâncias agem como veículos para o transporte de substâncias da superfície dos órgãos vegetais até as células vegetais. De modo geral, as substâncias húmicas (SH's) influenciam fisiologicamente a planta, afetando a permeabilidade das membranas celulares, a absorção de nutrientes e a atividade enzimática (PIMENTA et al, 2009).

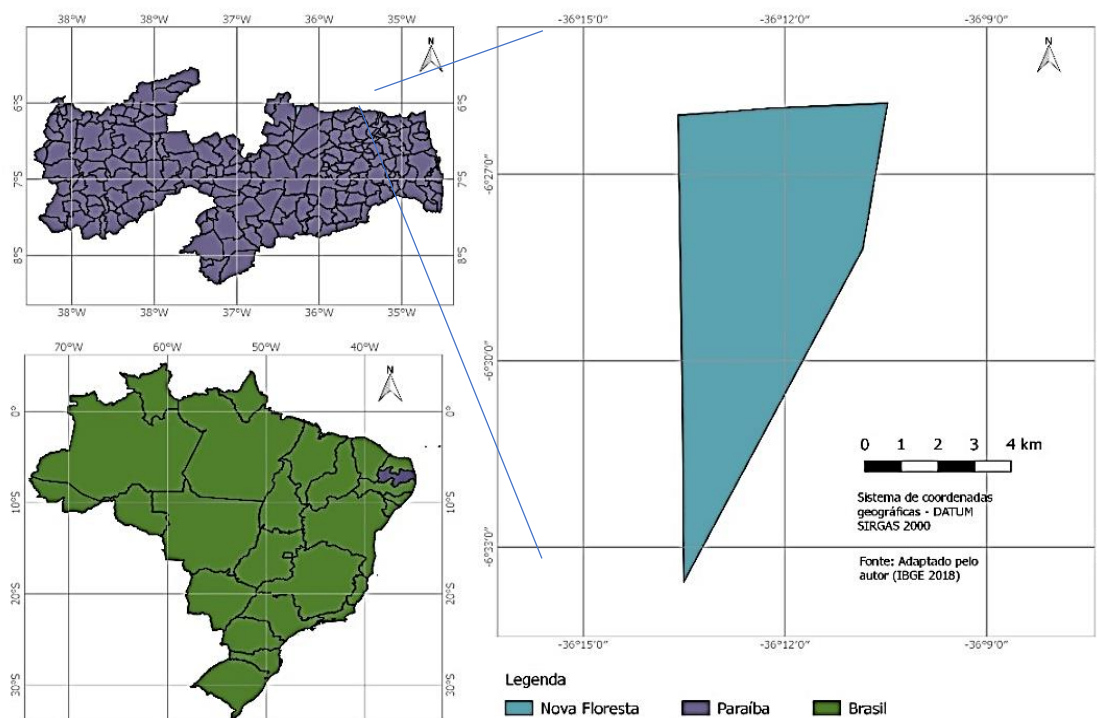
Diante do exposto, o presente capítulo objetivou avaliar os efeitos da dose e do fracionamento na aplicação de ácido fúlvico nos atributos químicos do solo e nutrição de couve-flor orgânico.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 LOCAL DA PESQUISA

O experimento foi desenvolvido de agosto até dezembro de 2022, em campo aberto, em propriedade particular, empresa Canteiro Cheiro Verde, localizada no município de Nova Floresta - PB, microrregião do Curimataú Paraibano, apresentando coordenadas geográficas 6° 27' 17" latitude Sul, 36° 12' 11" longitude Oeste, 660 metros de altitude, com clima classificado por Köppen tipo As' e precipitação pluviométrica média anual de 595 mm. Ao longo dos cinco meses de experimento as médias mensais de temperatura foram 24.56; 25.92; 26.49; 26.41; e 26.37°C com máximas de 33.50°C e mínima de 18.08°C e precipitação média mensal (0.01; 0.0; 0.06; 0.83; e 0.28 mm), respectivamente (AGRITEMPO, 2022).

Figura 5 - Localização da área do experimento



Fonte: Autoria própria

5.2 ETAPA I: CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO NO CAMPO

A área experimental foi dividida em três canteiros, demarcando-se 1 m entre os canteiros para a logística de cultivo. O solo foi inicialmente preparado por meio de aração e gradagem, após essa etapa, o solo foi protegido com cobertura tipo “mulching” para redução da perda de umidade e controle de “plantas daninhas”. Os canteiros tiveram as dimensões de 40 m de comprimento, 0,80 m de largura e 0,20 de altura. As plantas foram transplantadas e alocadas em fileira dupla, sendo 0,40 entre plantas, 0,20 entre linhas.

Quanto ao bioestimulante utilizado trata-se de um produto comercial fonte de ácido fúlvico. A composição desse produto encontra-se na tabela 1. A aplicação foi feita com auxílio de micropipeta, cerca de 5 cm de distância da planta.

Tabela 1 - Composição química do produto à base de ácido fúlvico

Matéria orgânica total	Ácido fúlvico	Carbono orgânico	Potássio (K ₂ O)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Nitrogênio	Índice salino	pH	Densidade
	----- % -----						-	g cm ⁻³
30%	98,5	17,4	3	3	3	15,25	5,6	1,18

Fonte: Autoria própria

O delineamento utilizado foi em blocos casualizado, organizados em esquema fatorial 4x3, sendo quatro doses do AF (0, 20, 40 e 60 L ha⁻¹) aplicados em três fracionamentos F1 - 100% aos 28 DAT, F2 - 50% aos 14 DAT e 50% aos 28 DAT, F3 - 20%, 20% e 60% aos 7, 14, e 28 DAT, respectivamente. Foram utilizadas oito plantas por parcela com quatro plantas úteis e 12 tratamentos em três blocos, totalizando 288 plantas.

A variedade de couve flor utilizada foi “Precoce de verão”, com ciclo de 58 dias e temperatura ideal de 20 a 30 C°. Esta variedade possui porte médio, inflorescência branca, compacta, com formato semi-globular com extremidades arredondadas. A irrigação foi realizada por um sistema de gotejamento (fita gotejadora), com turno de rega de acordo com os valores de tensiômetros, mantendo acima de 70% da capacidade de campo do solo, tendo uma estimativa de lâmina média diária aplicada de até 10,72 mm por planta (período de maior demanda hídrica), fracionada em duas aplicações médias de 5,76 mm, no início da manhã e no fim da tarde.

5.2.1 Fontes de adução orgânica

A fonte de adubo orgânico utilizada foi o esterco bovino, oriundos de vacas leiteiras, aplicados diretamente no solo, no momento da formação dos canteiros de produção, seguindo as diretrizes de produção orgânica do Mapa (2021), o esterco foi curtido e coletado para análise de seus parâmetros físico-químicos no laboratório Plant Soil Petrolina – PE.

Características químicas da amostra de esterco bovino: D 874.5 kg m³; CE 5.02 dS m⁻¹; pH 8.98; C/N 1.2; U36° 9.09%; N 15.8 g kg⁻¹; C 19 g kg⁻¹; P 5.2 g kg⁻¹; K 15.3 g kg⁻¹; Ca 12.7 g kg⁻¹; Mg 14.4 g kg⁻¹; Na 6.4 g kg⁻¹; S 3.7 g kg⁻¹; Si 14.8 g kg⁻¹; Cu 23.9 mg kg⁻¹; Fe 17409 mg kg⁻¹; Mn 774.2 mg kg⁻¹; Zn 105.8 mg kg⁻¹; e, B 7.9 mg kg⁻¹

5.2.2 Fontes de adubação mineral

A adubação mineral foi realizada com NPK, além de Ca, Mg, e S, todos via fertirrigação, ao longo do ciclo da cultura da couve-flor. Foram realizadas duas aplicações de ureia (250 kg ha⁻¹), duas aplicações de cloreto de potássio (250 kg ha⁻¹), três aplicações de nitrato de cálcio (375 kg ha⁻¹) e duas aplicações de sulfato de magnésio na dose (125 kg ha⁻¹).

5.3 ETAPA II: ANÁLISE DO EXPERIMENTO EM AMBIENTE CONTROLADO

5.3.1 Fertilidade do solo

O solo, classificado como latossolo de textura franco argilosa, foi coletado previamente no Canteiro Cheiro Verde nas camadas de 0 a 20, e 20 a 40 cm de profundidade, peneirado em peneira com abertura de malha de 2 mm e seco à sombra por 48 horas (TFSA). O solo após secagem foi caracterizado quanto suas características físico-químicas no Laboratório de Análises de solo do Centro de Ciências Agrárias – UFPB Campus II, seguindo metodologias contidas em Teixeira (2017) (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 - Atributos químicos do solo

Profundidade	pH	P	S	K ⁺	Na	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	MO
(cm)	(H ₂ O)1:2, 5	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻¹							g kg ⁻¹
0-20	7,5	105,21	-	141,88	0,79	0,0	0,0	4,51	2,12	7,79	7,79	27,80
20-40	7,5	52,87	-	115,33	0,40	0,0	0,19	2,76	1,36	4,82	4,82	13,69

Fonte: Autoria própria

Tabela 3 - Atributos físicos do solo

Areia	Silte	Argila	Argila natural	Grau de floculação	Densidade do solo	Densidade de partícula	Poros total	Classificação textural
----- g kg ⁻¹ -----				----- g cm ⁻³ -----		m ³ /m ³		
727	149	124	26	790	1,53	2,46	0,38	Franco argilosa

Fonte: Autoria própria

Após o ciclo da cultura foram feitas amostras compostas do solo de cada tratamento na camada de 0 a 20. Estas amostras foram encaminhadas ao laboratório supracitado e foram realizadas análises químicas de cada tratamento.

5.3.2 Água de irrigação

A água disponível nos reservatórios da empresa rural foi coletada e analisada no laboratório de tecnologia de solos e produtos de origem vegetal e animal – LTSPOVA/DSER/UFPB (Tabela 4).

Tabela 4 - Propriedades da água de irrigação

pH	C.E.	S-SO ₄ ⁻²	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	RAS	Classificação
gm ⁻¹ a 25°C		mmol _c L ⁻¹									
3,4	2,29	1,48	3,35	9,06	0,57	2,64	0,00	0,00	16,00	5,23	C4S2

Fonte: Autoria própria

5.3.3 Nutrientes

Foram feitas amostras compostas de quatro folhas de cada planta, segundo a recomendação de Martinez et al. (1999). Após as coletas, o material vegetal foi acondicionado em sacos de papel Kraft e posteriormente acondicionados em estufa de circulação forçada de ar a 65°C durante 7 dias, para perda da umidade. Decorrido este período o material vegetal foi triturado em moinho tipo Willey e as amostras encaminhadas para as análises químicas no Laboratório de Matéria Orgânica do Solo, UFPB. Do mesmo modo foi feito com a inflorescência da couve-flor, e as amostras encaminhadas para análises químicas para posterior avaliação da nutrição da parte comercial.

Os teores nutricionais de N, P, e K foram quantificados conforme Tedesco et al. (1995), o N determinado pelo método Kjeldahl, após digestão sulfúrica. Os teores de P determinados colorimetricamente pelo método do azul de molibdênio, enquanto os de K, por fotometria de chama.

5.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância e os valores médios do fracionamento de aplicação foram comparados pelo teste de Tukey, como também, modelos de regressão polinomiais para doses de ácido fúlvico até 5% de probabilidade. Também foi realizada a correlação de Pearson, e análises as multivariadas de correlação canônica e análises de componentes principais (ACP), baseada no critério de Kaiser para retenção dos componentes principais. Utilizou-se nas análises multivariadas os pacotes FactoMiner (para a ACP), e CCA (para a correlação canônica). As análises foram realizadas utilizando o software estatístico R® 4.2.0, e as figuras construídas no software SigmaPlot® versão 12.5.

6 RESULTADOS

Ocorreu influência significativa no valor do pH quanto à interação doses com fracionamento, para o elemento fósforo (P). Os demais atributos químicos do solo não foram influenciados pelas doses do ácido fúlvico (AF) (Tabela 5).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância dos atributos químicos do solo. Carbono (C), capacidade de troca catiônica (CTC), hidrogênio + alumínio (H+Al), Potássio (K), sódio (Na), fósforo (P), potencial hidrogênio iônico (pH), soma de bases (SB), e saturação de bases (V).

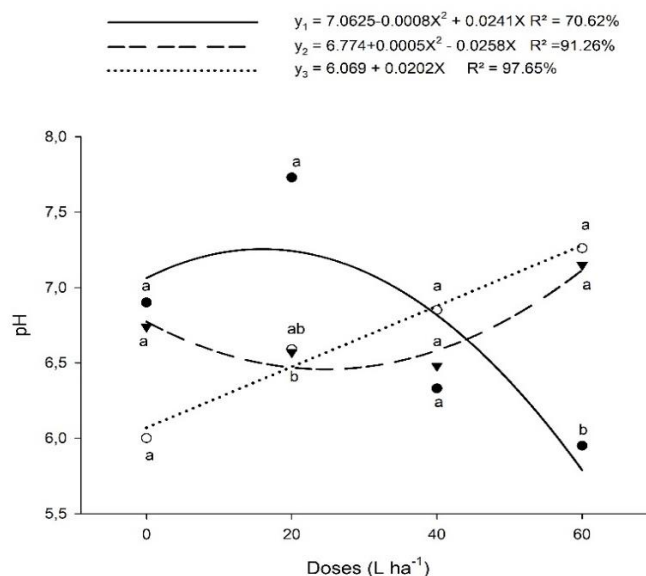
Fontes de Variação		C	CTC	H+Al	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	P	pH	SB	V
	GL			----- Quadrado médio -----								
Bloco	2	0.480	29.106	4.706	0.00673	0.0461	0.244	0.046	295.317*	0.185	10.49	27.88
Doses	3	6.444	17.767	1.034	0.09870	0.0848	0.152	0.084	49.790	0.355	11.07	11.32
Fracionamento	2	13.323	18.159	0.259	0.07340	0.0077	0.361	0.007	117.781	0.010	14.90	19.99
Doses:fracionamento	6	5.520	10.716	5.931	0.04960	0.0153	0.104	0.015	60.515	1.244**	18.12	358.29
Resíduo	22	7.433	33.065	2.140	0.07756	0.0301	0.143	0.030	66.274	0.314	31.08	111.75
CV (%)		12.8	24.3.4	39.9	18	40.6	19.8	40.6	11.4	6.5	26.9	9.5

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. "ns" não significativo.

Fonte: Autoria própria

O valor de pH decresceu conforme o aumento da dose de AF quando o manejo foi feito aplicando o fracionamento 1. Nos demais fracionamentos, o valor de pH aumentou conforme aumento da dose, o fracionamento 3 apresentou aumento linear conforme aumentou as doses. O menor valor de pH foi obtido no tratamento testemunha (6,03), seguido do tratamento utilizando a maior dose (60 L ha⁻¹) com fracionamento 1, enquanto o maior valor de pH (7,73) ocorreu na dose de 20 L ha⁻¹, também com fracionamento 1 (Figura 6).

Figura 6 - Valores de pH em função de doses de ácido fúlvico e de diferentes fracionamentos



Fonte: Autoria própria

Na tabela 5, observa-se que as doses de AF influenciaram os teores de potássio na inflorescência referente a interação doses com fracionamentos, os demais nutrientes da inflorescência e das folhas não sofreram influência, com exceção do nitrogênio na folha que apresentou diferença significativa de acordo com o teste tukey (figura 7).

Tabela 6 - Análise de variância dos macronutrientes da couve-flor. Potássio (Kf), nitrogênio (Nf), e fósforo (Pf) da folha. Potássio (Kc), nitrogênio (Nc) e fósforo (Pc) da inflorescência.

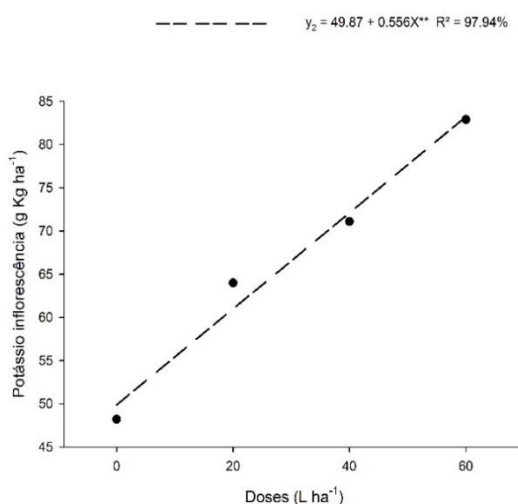
Fonte de Variação		Kf	Nf	Pf	Kc	Nc	Pc
	GL	----- Quadrado médio -----					
Bloco	2	51.904	39.583	27788	1.45	58.333	3583
Doses	3	51.904	4.398	11093	294.19	74.972	14132
Fracionamento	2	77.641	48.00	8762	55.06	6.937	12049
Doses:fracionamento	6	59.993	47.148*	14132	604.11**	102.54	18589
Resíduo	22	118.554	29.705	9556	124.60	61.00	11949
CV (%)		27.2	17	17.2	12.8	13.2	10.8

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

Fonte: Autoria própria

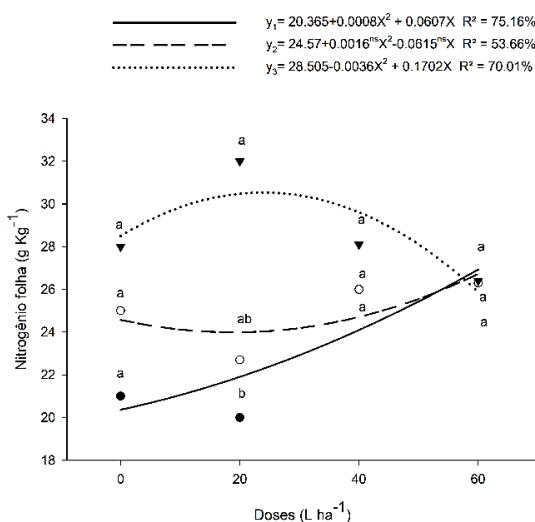
O teor de potássio (K) na inflorescência aumentou à medida que aumentaram as doses de AF, utilizando o fracionamento 2 (Figura 8). O aumento do teor deste nutriente na dose 60 L ha⁻¹ em relação a testemunha foi de 58,07%. O nitrogênio nas folhas apresentou diferença significativa na dose 20 L ha⁻¹, tendo seu maior valor na dose 23,64 L ha⁻¹ com o fracionamento 2, em seguida decaindo conforme o aumento das doses, enquanto os demais fracionamentos aumentaram e obtiveram valores semelhantes na maior dose (Figura 8)

Figura 7 - Teor de potássio (K) na inflorescência de couve-flor em função de doses de ácido fúlvico



Fonte: Autoria própria

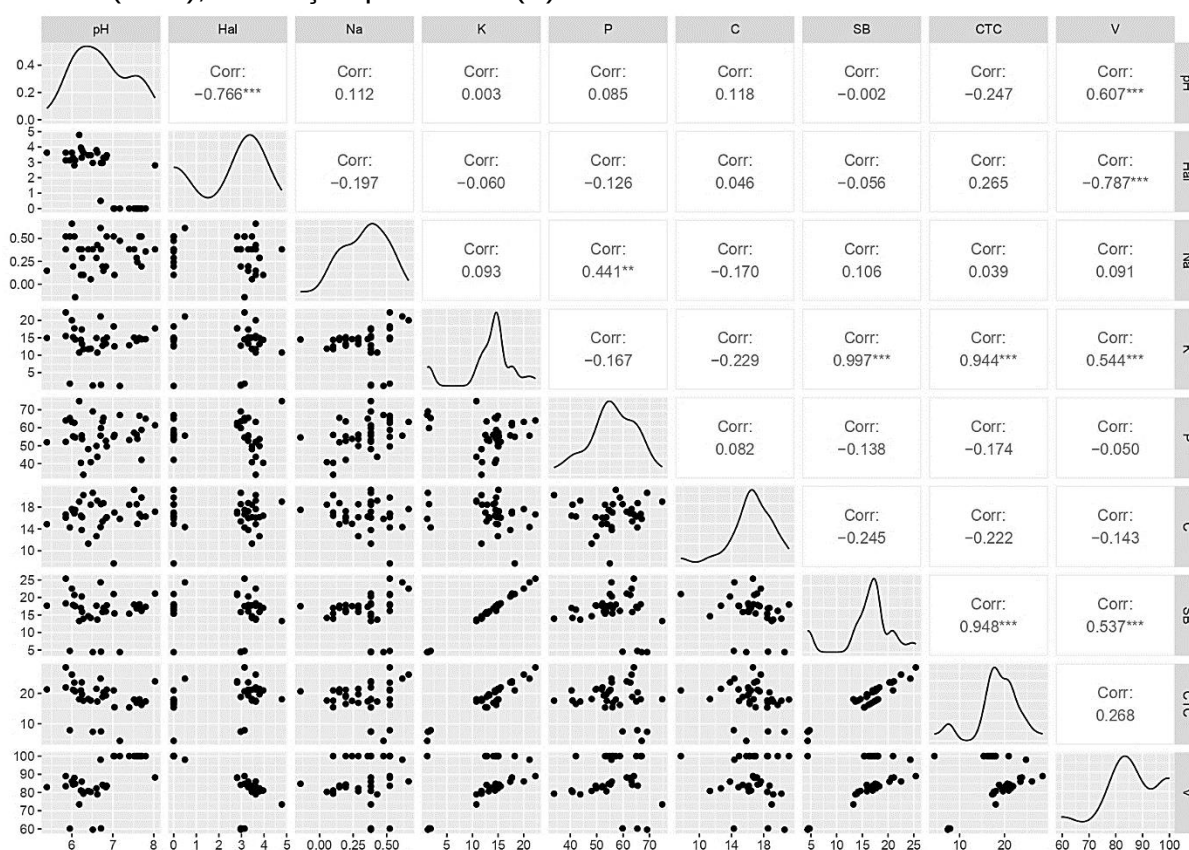
Figura 8 - Teor de nitrogênio (N) na folha de couve-flor em função de doses de ácido fúlvico



Fonte: Autoria própria

A correlação de Pearson para os nutrientes e atributos de fertilidade do solo foram apresentadas na figura 9, revelaram que ocorreu uma correlação negativa entre o pH e o H+al (acidez potencial) e positiva quando comparado pH e saturação de bases (V). O fósforo do solo apresenta uma correlação positiva significativa com o Na. O potássio tem alta correlação com os atributos bases da fertilidade que é a SB, CTC, e V.

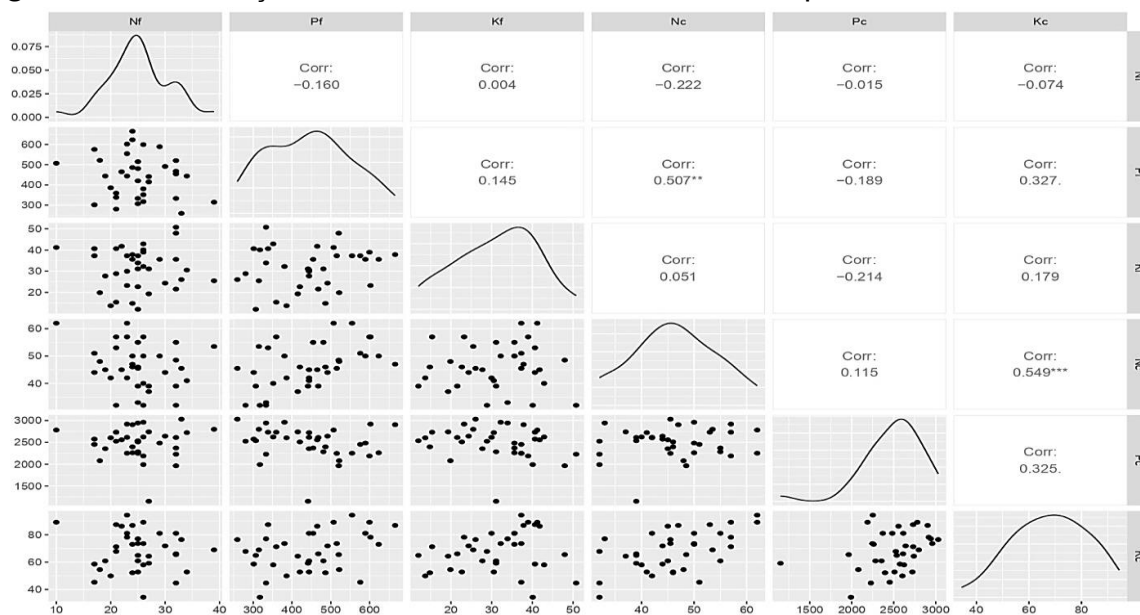
Figura 9 - Correlação de Pearson dos nutrientes e atributos de fertilidade do solo. Potencial hidrogênio iônico (pH); hidrogênio mais alumínio (H+al); sódio (Na); Potássio (K); fósforo (P); carbono (C); soma de bases (SB); capacidade de troca de cátions (CTC); saturação por bases (V).



Fonte: Autoria própria

Na figura 10, observa-se a correlação entre os nutrientes da planta de couve-flor, é possível concluir que existe uma interação significativa entre os teores de nitrogênio e potássio, ambos na inflorescência. Os demais nutrientes não possuem correlação significativa entre si.

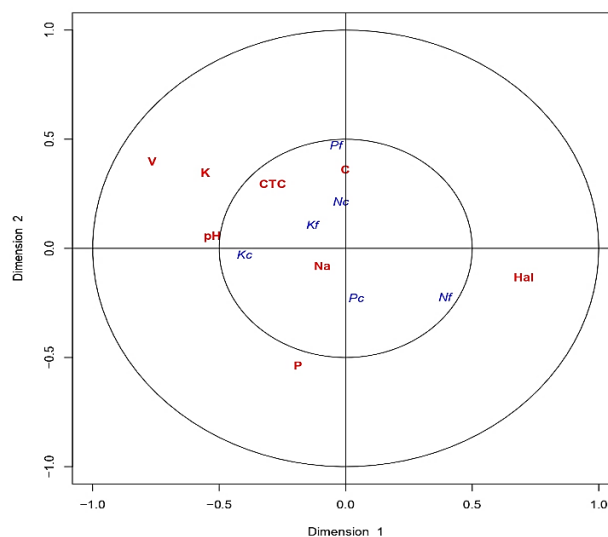
Figura 10 - Correlação de Pearson entre os nutrientes da planta de couve-flor



Fonte: Autoria própria

A análise de correlação canônica (ACC) entre os atributos químicos do solo e os macronutrientes da planta de couve-flor mostra que o V tem correlação negativa com H+al e com o nitrogênio na folha, enquanto ocorre interação positiva com o potássio e CTC. O fósforo na folha (Pf) tem interação positiva com o carbono do solo (C) e o teor de N na inflorescência (Nc), e negativa com o fósforo na inflorescência (Figura 11).

Figura 11 - Correlação canônica dos atributos químicos do solo com os nutrientes na planta de couve-flor.



Fonte: Autoria própria

A análise de correlação canônica (ACC), presente na tabela 7, feita entre os atributos do solo e os nutrientes da planta de couve-flor mostrou que ocorreu uma correlação para entre as variáveis, os principais fatores que contribuíram para esta correlação foram o potássio, a CTC e fósforo no solo, com potássio na inflorescência, nitrogênio na folha, e nitrogênio na inflorescência, respectivamente. No segundo par canônico, os três fatores correlacionados que mais contribuíram para esta foram o potássio, a CTC e o fósforo no solo, com o fósforo na folha, o potássio na inflorescência e o nitrogênio na folha, respectivamente. As figuras 12, e 13, mostram o comportamento dos pares canônicos entre variáveis do solo e macronutrientes da planta.

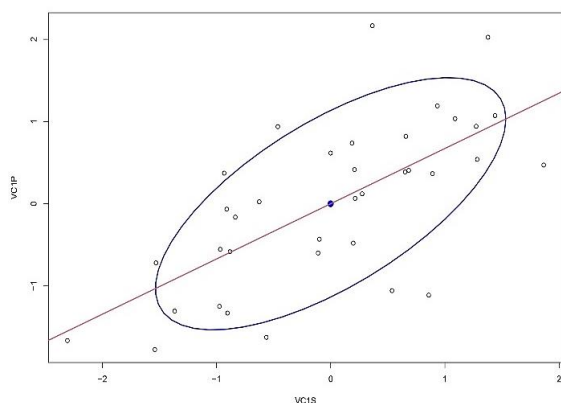
Tabela 7 - Correlações canônicas e pares canônicos estimados entre componentes primários Grupo I: potencial hidrogênio iônico (pH), hidrogênio mais alumínio (Hal), sódio (Na), potássio (K), carbono (C), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V) e secundários Grupo II: nitrogênio na folha (Nf), fósforo na folha (Pf), potássio na folha (Kf), nitrogênio na inflorescência (Nc), fósforo na inflorescência, e potássio na inflorescência.

Variáveis	Pares canônicos	
	1º	2º
	----- Solo -----	
pH	0.00	-0.36
Hal	-0.94	-2.06
Na	0.27	0.36
K	-6.64	-7.24
P	-0.46	-0.87
C	0.00	0.74
CTC	6.02	7.32
V	0.46	1.00
	----- Planta -----	
Nf	0.66	-0.28
Pf	0.18	0.85
Kf	0.01	0.11
Nc	0.55	0.13
Pc	0.38	-0.12
Kc	-1.03	-0.41
R	0,672	0,545
p	<0,001	<0,001
v.a.	51.0%	77,4%

R = coeficiente de correlação canônica p = probabilidade; v.a. = variação acumulada

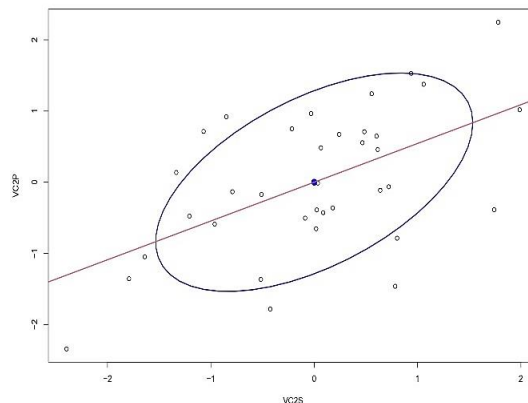
Fonte: Autoria própria

Figura 12 - Correlação canônica 1: solo e nutrientes da planta.



Fonte: Autoria própria

Figura 13 - Correlação canônica 2: solo e nutrientes da planta.

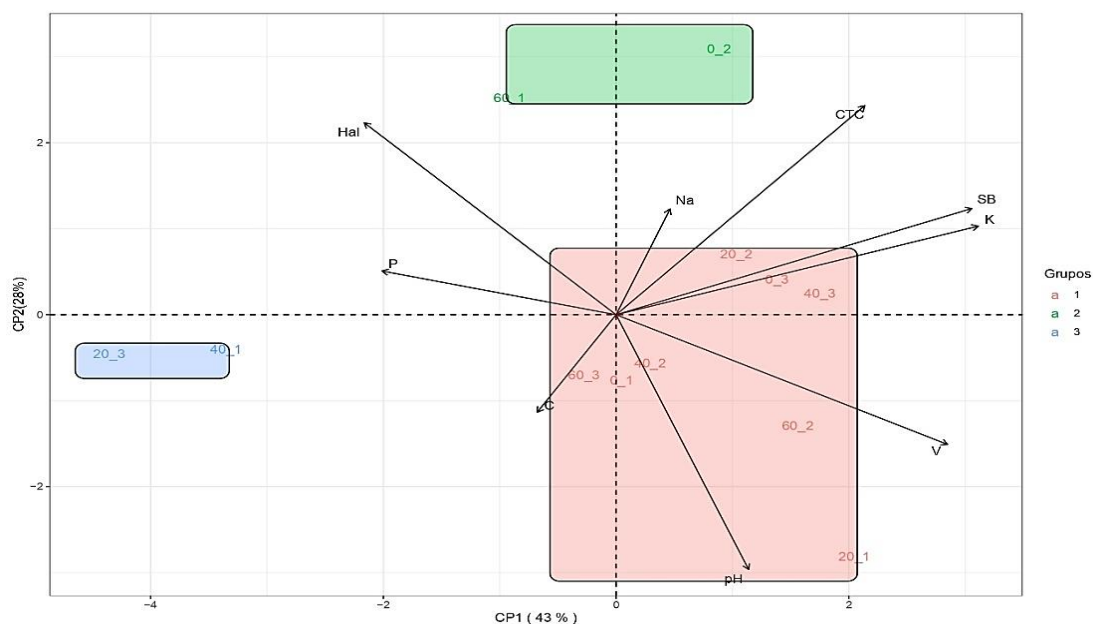


Fonte: Autoria própria

Na análise de componentes principais (ACP), presente na figura 14, os tratamentos ficaram em três grupos distintos, em que o grupo 1 é o que contém a maioria dos tratamentos e se aproxima mais dos atributos de fertilidade como saturação por bases, CTC, soma de bases e potássio no solo, com scores positivos, e scores negativos para as variáveis P e Hal. O grupo 2 está mais próximo ao sódio, CTC e Hal, sendo um grupo intermediário para CP1.

Considerando o CP2, o grupo 2 teve scores positivos para Hal e CTC, e negativos para pH. Neste grupo ficaram os tratamentos em que foi aplicado a dose de 60 L ha^{-1} de AF utilizando fracionamento 1, e um dos tratamentos controle. O grupo 3, em que consta os tratamentos de 20 L ha^{-1} utilizando fracionamento 3 e 40 L ha^{-1} utilizando fracionamento 1, ficaram próximos ao teor de fósforo no solo. A variância acumulada dessa ACP foi de 71%.

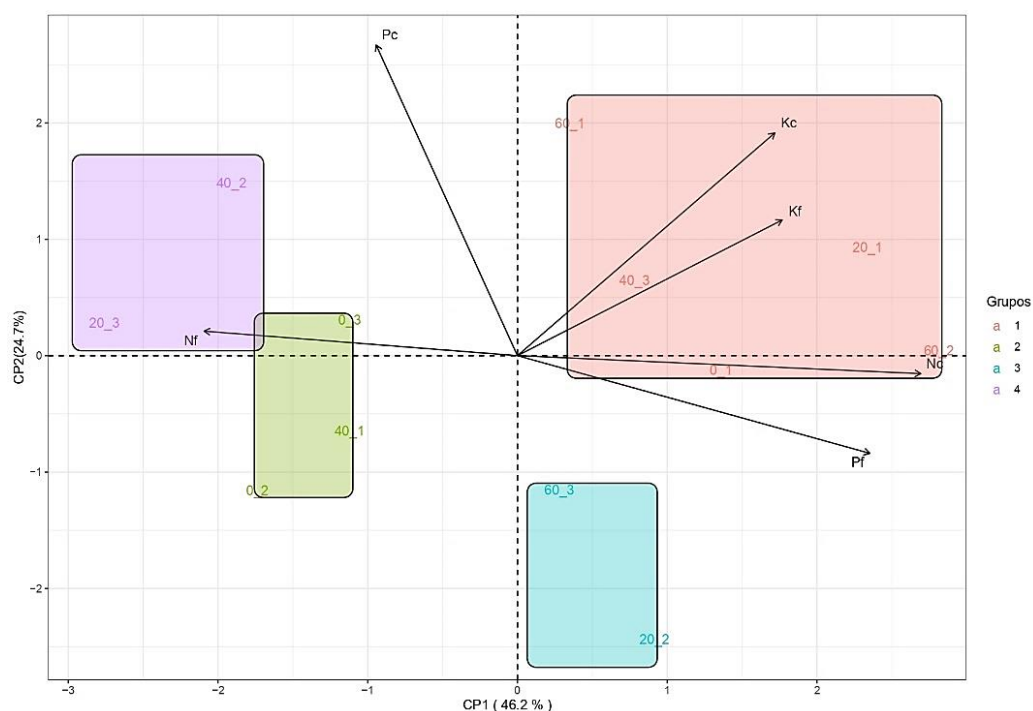
Figura 14 - Análise de componentes principais dos atributos de fertilidade do solo, nutrientes e tratamentos. Potencial hidrogênio iônico (pH); hidrogênio mais alumínio (Hal); sódio (Na); Potássio (K); fósforo (P); carbono (C); soma de bases (SB); capacidade de troca de cátions (CTC); saturação por bases V% (V)



Fonte: Autoria própria

Quanto aos nutrientes da planta e aos tratamentos apresentados na figura 15, a análise de componentes principais identificou quatro grupos em que o grupo 1, contendo os tratamentos 60 L ha⁻¹, 20 L ha⁻¹ de AF no fracionamento 1, 40 L ha⁻¹ utilizando fracionamento 3, 60 L ha⁻¹ de AF utilizando o fracionamento 2, e um dos tratamentos controle, foram os que mais se aproximaram do potássio na inflorescência, potássio na folha, nitrogênio na inflorescência e fósforo na folha. Enquanto o grupo 3, formados pelo tratamento 20 L ha⁻¹ com fracionamento 2, e 60 L ha⁻¹ com fracionamento 3, ficou mais próximo do fósforo da folha e distante dos demais atributos. Os grupos 2 e 4 ficaram mais próximos do nitrogênio na folha. Observa-se que o nitrogênio da folha, e fósforo na folha tem direções contrárias na análise comparados ao nitrogênio e fósforo na inflorescência, respectivamente. Enquanto o potássio da folha e da inflorescência segue a mesma direção. A variância acumulada dessa ACP foi de 70,9%.

Figura 15 - Análise de componentes principais dos nutrientes da planta e os tratamentos.



Fonte: Autoria própria

7 DISCUSSÃO

As variáveis analisadas quanto a química e os indicadores de fertilidade do solo não tiveram nenhum efeito significativo, exceto o pH, quando submetidos ao manejo de AF na forma em que se foi aplicado neste trabalho. Por ser um ácido e ter um pH em torno de 5.6, o AF tem influência direta no pH do solo. Quando fracionado em 3 partes, o AF aumentou o pH conforme aumentou a dose, enquanto utilizando uma única vez, as maiores doses diminuíram o pH significativamente. De forma semelhante, Zhang et al. (2021), mostraram em seu trabalho de pesquisa que o ácido fúlvico aplicado na base da planta do tomateiro diminuíram o pH do solo. Liu et al. (2022), propõe em seu trabalho que a biodisponibilidade dos nutrientes no solo é influenciada principalmente pela fonte e taxa de aplicação de substâncias orgânicas. O mesmo trabalho identificou uma melhora na disponibilidade de P no solo quando aplicado ácido fúlvico, diferente do que foi obtido no presente trabalho onde não ocorreu efeito significativo neste quesito. Isto pode ter ocorrido devido ao solo ser um

latossolo com textura franco argilosa, em que é reconhecidamente rico em óxidos de Ferro e alumínio, onde ocorre uma forte ligação com o P, prejudicando sua disponibilidade as plantas. Bai et al. (2024), mostraram que a adição de AF dobrou a quantidade de P disponível no solo, porém o método de aplicação cobria todo o solo em superfície de 0 a 10 cm.

O teor de carbono não foi influenciado pela aplicação de AF, segundo Chen et al. (2023), a adsorção do AF em óxidos e hidróxidos de ferro tem valores superestimados para o sequestro de C. A maioria dos atributos de fertilidade do solo não foram afetados pela aplicação do AF, independente do fracionamento utilizado, isto pode ter ocorrido pela forma como foi aplicado o produto (em região localizada perto, cerca de 5 cm do caule) não sendo tão expansivo no espaço do cultivo, o que torna difícil o condicionamento do solo pelo AF.

Quanto ao acúmulo de nutrientes na folha e na inflorescência, a couve-flor apresentou maior acúmulo de potássio na “cabeça” quanto maior foi a dose utilizando o fracionamento 2, Baldotto et al. (2009), atribuíram o acúmulo maior de nutrientes à promoção do desenvolvimento radicular, causada pela ação das substâncias húmicas em interação com células radiculares provocando turgência vacuolar, consequentemente expansão celular e do tecido radicular. Diversas pesquisas atestam melhora na qualidade dos vegetais mediante a aplicação de substâncias húmicas. Segundo Calvo et al. (2014), estas substâncias induzem o acúmulo de antioxidantes, vitaminas e minerais. Mais especificamente o AF promove o aumento de concentrações de minerais como o K, Mg, Fe e Zn no fruto do tomate (ZHANG, 2021). O fracionamento 2, ou seja, aplicação aos 14 e 28 DAT, se sobressaio sobre os demais, é provável que isto tenha ocorrido pela aplicação ser feita em estágios críticos da couve-flor, expansão foliar (14 DAT) e emissão da inflorescência (28 DAT). O teor de nitrogênio na folha foi diretamente influenciado pelo fracionamento, sendo o 3 o que apresentou maior teor na dose 20 L ha⁻¹. Yu et al. (2023), constatou em seu trabalho que doses de AF otimizou a absorção de N pela planta, e também auxiliou na absorção deste nutriente e do carbono nas mudas de macieiras.

Os valores de referência para uma planta de couve-flor bem nutrida são descritos por Martinez et al. (1999), através da análise foliar. O referido autor informa que o teor ideal de N é de 25 g kg⁻¹, 5.0 g kg⁻¹ de P e de 28-60 g kg⁻¹ de K,

respectivamente. Nessa perspectiva, os tratamentos que alcançaram os teores nutricionais para o N foram, dos três tratamentos controle, apenas um. Na dose 20 L ha⁻¹, o tratamento com o fracionamento 3 foi o que apresentou maior teor de N de todos avaliados, os fracionamentos 1 e 2, para essa dose, não atingiu o teor recomendado. Na dose 40 L ha⁻¹, o teor de N foi atingido para todos os fracionamentos. Na dose 60 L ha⁻¹, também foram atingidos os níveis acima do teor ideal para todos os fracionamentos. Para os teores de P foliar, nenhuma das testemunhas atingiu o teor ideal. Apenas os tratamentos de 20 L ha⁻¹ com o fracionamento 2, e dose 60 L ha⁻¹ com o fracionamento 2 e 3 atingiram o teor de referência de P foliar. Para o K na folha, todos os tratamentos ficaram dentro da faixa ideal para a planta nutrida.

Os efeitos do AF diretamente ligados à nutrição em diferentes espécies de plantas incluem a capacidade de estimular a atividade da H⁺-ATPase na raiz (CANELLAS et al., 2015). As H⁺-ATPases são enzimas localizadas em transmembranas que têm a capacidade de hidrolisar o ATP, produzindo energia e um gradiente eletroquímico que pode facilitar o transporte de íons através da membrana plasmática. Além disso, elas contribuem para aumentar a plasticidade da parede celular, o que é essencial para permitir o crescimento e a divisão celular nas células vegetais (ZANIN et al., 2019).

As correlações de Pearson feitas para as variáveis da fertilidade do solo mostraram importantes correlações, como a interação negativa do H⁺ e o pH, pois quanto menos íons H⁺ livres no solo, maior será o pH do solo. A saturação por bases e o pH apresentaram correlação positiva, isso ocorreu pelo fato do intervalo de pH em que as nutrientes bases do solo ficam mais disponíveis é entre 6,0 e 6,5, ou seja, valores mais altos e consequentemente menos ácidos. O Na e o P no solo correlacionaram-se positivamente, de mesmo modo constatou Hass (1980), o qual evidenciou em seu trabalho que fósforo, magnésio, manganês e sódio se correlacionaram de forma positiva. O K apresentou alta correlação com atributos de fertilidade como CTC, V%, e SB pelo fato de ter sido o nutriente com maior teor entre os demais utilizados no cálculo. Por ser um local de cultivo orgânico, a adubação recorrente com esterco bovino tem influência para o aumento do K e dos demais variáveis supracitadas.

A correlação de Pearson dos nutrientes da planta, apenas duas variáveis apresentaram correlação, foram elas o P na folha com o N na inflorescência, e K e o N na inflorescência. No contexto da respiração celular, o P é crucial na forma de fosfatos, que são componentes essenciais de moléculas como o ATP (adenosina trifosfato), que é a principal fonte de energia para as células (KAYOUMU et al., 2023), que por sua vez é necessário na síntese de compostos nitrogenados, tais como aminoácidos e nucleotídeos. O N e o P são os dois elementos que mais incrementam na produtividade do couve-flor (FILGUEIRA, 2005), e o K e N são os mais extraídos pela cultura durante seu ciclo (AVALHÃES et al., 2009).

A correlação canônica entre solo e nutrientes da couve-flor mostrou-se positiva em três variáveis entre o solo e a planta. O K no solo teve correlação com o K da inflorescência, por ser o nutriente mais abundante segundo a análise de solo do presente trabalho, este nutriente foi absorvido pelas raízes, e por ser muito móvel na planta, possui maior translocação quando a couve-flor translocou os fotoassimilados para a emissão da “cabeça”, e o K é o nutriente de maior teor nesta parte da planta. O N da folha apresentou correlação com a CTC do solo, através da ACC, mostrando a influência deste atributo com o nutriente para o couve-flor, considerando as duas formas de absorção de N pela planta, NH_4^+ (amônio) e NO_3^- (nitrato) (BREDEMEIER & MUNDSTOCK, 2000), as plantas de couve-flor absorveram mais N na forma catiônica, que é diretamente influenciada pelo maior valor de CTC.

Na segunda ACC entre solo e os nutrientes da planta, as variáveis que tiveram correlação (K, CTC e o P no solo, com P na folha, K na inflorescência e o N na folha, respectivamente), mostra que, no caso do K no solo e P na folha, a correlação entre esses nutrientes está relacionada com a nutrição das plantas. Esses dois nutrientes desempenham papéis vitais no crescimento e desenvolvimento dos vegetais (FAQUIN, 2005). No solo, o potássio é essencial para muitos processos fisiológicos das plantas (XU et al, 2020), o fósforo, por sua vez, é crucial para a transferência de energia, a formação de moléculas de DNA e RNA, e o transporte de nutrientes (STIGTER; PLAXTON, 2015). O alto nível de potássio no solo pode afetar a absorção de fósforo, e vice-versa (AYAMBA, 2023). A ACC mostrou que o P do solo e o N na folha apresentam correlação, a disponibilidade adequada de fósforo no solo pode influenciar positivamente a absorção e utilização de nitrogênio pelas plantas.

8 CONCLUSÕES

As doses de ácido fúlvico (AF) influenciaram apenas o pH, sendo a dose 20 L ha⁻¹, sem fracionamento, a que apresentou maior valor.

As plantas submetidas a dose de 60 L ha⁻¹ com fracionamento 2 e 3, apresentaram teores nutricionais adequados.

A dose 23,54 L ha⁻¹ de AF utilizando o fracionamento 2 resultou no maior teor de N da folha. Os demais nutrientes não foram influenciados pelas doses de AF.

A correlação de Pearson dos atributos de fertilidade do solo foi significativa entre pH e H+Al (correlação negativa) e pH e saturação de bases (V) positiva.

A análise de correlação canônica dos atributos de fertilidade do solo com os nutrientes da planta constatou duas correlações, sendo a primeira: K, CTC e P no solo, com P na inflorescência, N na folha, e N na inflorescência, respectivamente. E a segunda: K, CTC e o fósforo no solo, com o P na folha, P na inflorescência e o N na folha, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- Agritempo - Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Estatística. Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Estatisticas/index.jsp?siglaUF=RN>. Acessado em 03 fevereiro de 2024.
- AVALHAES, C. C.; de MELLO PRADO, R.; CORREIA, M. A. R.; ROZANE, D. E.; & ROMUALDO, L. M. (2009). Avaliação do estado nutricional de plantas de couve-flor cultivadas em solução nutritiva suprimidas de macronutrientes. *Nucleus*, 6(1), 1-14.
- AYAMBA, B. E.; ABAIDOO, R. C.; OPOKU, A.; & EWUSI-MENSAH, N. Mechanisms for nutrient interactions from organic amendments and mineral fertilizer inputs under cropping systems: a review. **PeerJ**, v. 11, p. e15135, 2023. <https://doi.org/10.7717/peerj.15135>.
- BAI, Y.; WENG, L.; HIEMSTRA, T. Interaction of fulvic acid with soil organo-mineral nano-aggregates and corresponding phosphate release. **Geoderma**, v. 441, p. 116737, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116737>.
- BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A.; GIRO, V. B.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; & BRESSAN-SMITH, R. Desempenho do abacaxizeiro 'Vitória' em resposta à aplicação de ácidos húmicos durante a aclimação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 979-990, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000400022>.
- BETTIOL, W.; SILVA, C. A.; CERRI, C. E. P.; MARTIN-NETO, L.; & de ANDRADE, C. A. Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical. 1ª ed. Brasília: **Embrapa**, 2023. p. 11-12.
- BRAZIENE, Z.; PALTANAVICIUS, V.; AVIZIENYTĖ, D. The influence of fulvic acid on spring cereals and sugar beets seed germination and plant productivity. **Environmental research**, v. 195, p. 110824, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110824>.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, p. 365-372, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782000000200029>
- CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPPER, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant and soil**, v. 383, p. 3-41, 2014. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>.
- CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CASTRO, P. R. de C. Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos. Piracicaba: ESALQ – Divisão de Biblioteca, 2015. 46 p. (Série Produtor Rural, nº 58). Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/biblioteca/sites/default/files/publicacoes-avenda/pdf/SPR58.pdf>. Acesso em 12 janeiro. 2022.
- CHEN, H.; HOU, M.; HE, Z.; LIANG, Y.; XU, J.; & TAN, W. Adsorption behavior of soil fulvic acid on crystal faces of kaolinite and goethite: Described by CD-MUSIC

model. **Science of The Total Environment**, v. 903, p. 165806, 2023.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165806>.

FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. **Lavras: UFLA/Faepe**, v. 183, 2005.
 FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura. Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2 ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, 2005. 412p. <https://doi.org/10.3390/antiox12020466>

ISLAM, M.A.; MORTON, D.W.; JOHNSON, B.B.; & ANGOVE, M.J. Adsorção de ácidos húmicos e fúlvicos em uma variedade de adsorventes em sistemas aquosos e seu efeito na adsorção de outras espécies: uma revisão. *Setembro Purif. Tecnologia*. 2020; **247** :116949. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116949>.

KAYOUMU, M.; IQBAL, A.; MUHAMMAD, N.; LI, X.; LI, L.; WANG, X.; & DONG, Q. Phosphorus Availability Affects the Photosynthesis and Antioxidant System of Contrasting Low-P-Tolerant Cotton Genotypes. **Antioxidants**, v.12 (2), p. 466, 2023.

KUMAR SOOTAHAR, M., ZENG, X., WANG, Y., SU, S., SOOTHAR, P., BAI, L.; KUMAR, M.; ZHANG, Y.; MUSTAFA, A. & YE, N. The short-term effects of mineral- and plant-derived fulvic acids on some selected soil properties: improvement in the growth, yield, and mineral nutritional status of wheat (*Triticum aestivum* L.) under soils of contrasting textures. **Plants**, v. 9, n. 2, p. 205, 2020.
<https://doi.org/10.3390/plants9020205> .

LIU, X.; YANG, J.; TAO, J.; & YAO, R. Integrated application of inorganic fertilizer with fulvic acid for improving soil nutrient supply and nutrient use efficiency of winter wheat in a salt-affected soil. **Applied Soil Ecology**, v. 170, p. 104255, 2022.
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104255>

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, A.S. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Potafos, Piracicaba. (1997).
 MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 52, de 15 de março de 2021. Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção e as listas de substâncias e práticas. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 mar. 2021. Seção 1, p.10.

OLIVEIRA, C.; TAVARES, R. L.; ASSIS, R.; CANTÃO, V.; & SITTA, C. Dinâmica de nutrientes com a aplicação de substâncias húmicas e calagem em colunas de solo irrigadas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3Supl1, p. 1567-1578, 2021.
<https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3Supl1p1567> .

PIMENTA, A.S.; SANTANA, J.A.S.; ANJOS, R.M.; BENITES, V.M.; ARAÚJO, S.O. Caracterização de ácidos húmicos produzidos a partir de carvão vegetal de duas espécies florestais do semi-árido: jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) e pereiro (*aspidosperma pyrifolium*). *Revista Verde*, 4:01-11, 2009.
 PRIMO, D. C.; MENEZES, R. C.; SILVA, T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, v. 7, n. 5, 2011.

ROBERT, E.P. Matéria orgânica, húmus, humato, ácido húmico, ácido fúlvico e humina: A sua importância na fertilidade do solo e na saúde das plantas; Anais do Simpósio IEEE de Geociências e Sensoriamento Remoto (IGARSS) 2014; Cidade de Quebec, QC, Canadá. 13–18 de Julho de 2014; páginas 1–5.

SALAM, M., ZHENG, H., LIU, Y., ZAIB, A., REHMAN, S. A. U., RIAZ, N., ELIW, M.; HAYAT, F.; LI, H.; & WANG, F. Effects of micro (nano) plastics on soil nutrient cycling: State of the knowledge. **Journal of Environmental Management**, v. 344, p. 118437, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118437> .

SHARIF, M.; KHATTAK, R.A.; SARIR, M.S. Efeito de diferentes níveis de ácido húmico derivado de carvão lignítico no crescimento de plantas de milho. *Comum. Ciência do Solo. Planta Anal.* 2002; 33 :3567–3580. <https://doi.org/10.1081/CSS-120015906>.

STIGTER, K. A.; PLAXTON, W.C. Molecular mechanisms of phosphorus metabolism and transport during leaf senescence. **Plants**, v. 4, n. 4, p. 773-798, 2015. <https://doi: 10.3390/plants4040773>

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA W.G. Manual de métodos de análise de solo. Embrapa, Brasília. (2017).
XU, X.; DU, X.; WANG, F.; SHA, J.; CHEN, Q.; TIAN, G; ZHU, Z.; GE, S.; JIANG, Y. Effects of potassium levels on plant growth, accumulation and distribution of carbon, and nitrate metabolism in apple dwarf rootstock seedlings. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 904, 2020. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00904>

ZANIN, L.; TOMASI, N.; CESCO, S.; VARANINI, Z.; & PINTON, R. Humic substances contribute to plant iron nutrition acting as chelators and biostimulants. *Frontiers in Plant Science*, v. 10, p. 675, 2019.

ZHANG, P.; ZHANG, H.; WU, G.; CHEN, X.; GRUDA, N.; Li, X.; DONG, J. & DUAN, Z. Dose-dependent application of straw-derived fulvic acid on yield and quality of tomato plants grown in a greenhouse. **Frontiers in plant science**, v. 12, p. 736613, 2021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.736613>.

CAPÍTULO 2

PRODUÇÃO, CRESCIMENTO E FISIOLOGIA DE COUVE-FLOR SOB DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ÁCIDO FÚLVICO

Crescimento, produção e fisiologia de couve flor sob doses de ácido fúlvico

NETO, ERASMO VENANCIO DE LUNA **Atributos químicos do solo, produção e fisiologia da couve-flor sob doses e épocas de aplicação de ácido fúlvico.** Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, fevereiro de 2024. 90 f. Dissertação. (Programa de Pós-Graduação em ciências do Solo). Orientador: Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira.

Resumo: O ácido fúlvico (AF) como bioestimulante tem se destacado como um promotor benéfico da fisiologia e do crescimento vegetal. Este trabalho objetivou avaliar as respostas biométricas e fisiológicas da cultura da couve-flor sob efeito da aplicação de doses de ácido fúlvico e diferentes fracionamentos. O experimento foi desenvolvido de agosto até dezembro de 2022, em campo aberto, em propriedade particular, localizada no município de Nova Floresta – PB. Os canteiros tiveram as dimensões de 40 m de comprimento, 0,80 m de largura e 0,20 de altura. O delineamento utilizado foi em blocos casualizado, organizados em esquema fatorial 4x3, sendo quatro doses de AF (0, 20, 40 e 60 L ha⁻¹) aplicados em três fracionamentos F1 - 100% aos 28 DAT, F2 - 50% aos 14 DAT e 50% aos 28 DAT, F3 - 20%, 20% e 60% aos 7, 14, e 28 DAT, respectivamente. Foram realizadas análises de crescimento, colheita, fisiológicas e caracterização físico-química do solo. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, foram comparados pelo teste de Tukey a correlação de Pearson, e feitas análises multivariadas: correlação canônica e análises de componentes principais. O fracionamento do aumentou o número de folhas. A clorofila “a” aumentou de forma linear, com máximo valor quando utilizada a dose de 60 L ha⁻¹ com o fracionamento 3, mesma combinação que maximizou produtividade, com 25,57 t ha⁻¹. Verificou-se correlação canônica entre os atributos de fertilidade e nutrientes do solo com o crescimento e produtividade da planta.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* L.; bioestimulantes; época de aplicação.

NETO, ERASMO VENANCIO DE LUNA **Soil chemical attributes, production and physiology of cauliflower under doses and application times of fulvic acid.** Areia – PB, Center of Agricultural Sciences, UFPB, February 2024. 89 p. Dissertation. (Graduate Program in Soil Science). Coordinator: Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira.

Abstract: “Fulvic acid (FA) as a biostimulant has stood out as a beneficial promoter of plant physiology and growth. This work aimed to evaluate the biometric and physiological responses of cauliflower culture under the effect of fulvic acid doses and different fractionations. The experiment was carried out from August to December 2022, in an open field, on private property, located in the municipality of Nova Floresta - PB. The beds had dimensions of 40 m in length, 0.80 m in width, and 0.20 in height. The design used was in randomized blocks, organized in a 4x3 factorial scheme, with four doses of FA (0, 20, 40, and 60 L ha⁻¹) applied in three fractionations F1 - 100% at 28 DAT, F2 - 50% at 14 DAT and 50% at 28 DAT, F3 - 20%, 20%, and 60% at 7, 14, and 28 DAT, respectively. Growth, harvest, physiological analyses, and physicochemical characterization of the soil were carried out. The data were submitted to analysis of variance by the F test, compared by the Tukey test, Pearson's correlation, and multivariate analyses: canonical correlation and principal component

analyses. The fractionation increased the number of leaves. Chlorophyll “a” increased linearly, with a maximum value when the dose of 60 L ha⁻¹ was used with fractionation 3, the same combination that maximized productivity, with 25.57 t ha⁻¹. A canonical correlation was found between the attributes of fertility and soil nutrients with plant growth and productivity.”

Key-words: *Brassica oleracea* L.; biostimulants; application time.

9 INTRODUÇÃO

A couve-flor (*Brassica oleracea* L.) é uma das hortaliças mais importantes cultivadas no mundo (BITTENCOURT et al., 2022). Isto por conta de sua importância socioeconômica para a agronegócio, principalmente a agricultura familiar. Considerada uma das culturas mais ricas em nutrientes, oferece uma ampla gama de fitoquímicos, tais como antioxidantes, polifenóis, flavonoides e vitamina C, que são reconhecidos por promover a saúde (GOUR et al., 2023). Por conta de tal importância, estudos vêm sendo feito para ampliar sua produção e qualidade.

Nos ecossistemas terrestres, as interações complexas entre o solo e as plantas desempenham um papel crucial na promoção da saúde vegetal e, por conseguinte, na sustentabilidade agrícola (CARDOSO: ANDREOTE, 2016). Dentro desse contexto, os bioestimulantes, compostos que influenciam positivamente os processos biológicos das plantas (NEGRELI, 2023), têm atraído considerável atenção. Os bioestimulantes ganharam destaque devido à sua capacidade única de promover o crescimento e proporcionar benefícios fisiológicos em hortaliças (BNV et al., 2014; CANELLAS et al., 2015;), enquanto minimizam a dependência de insumos agrícolas.

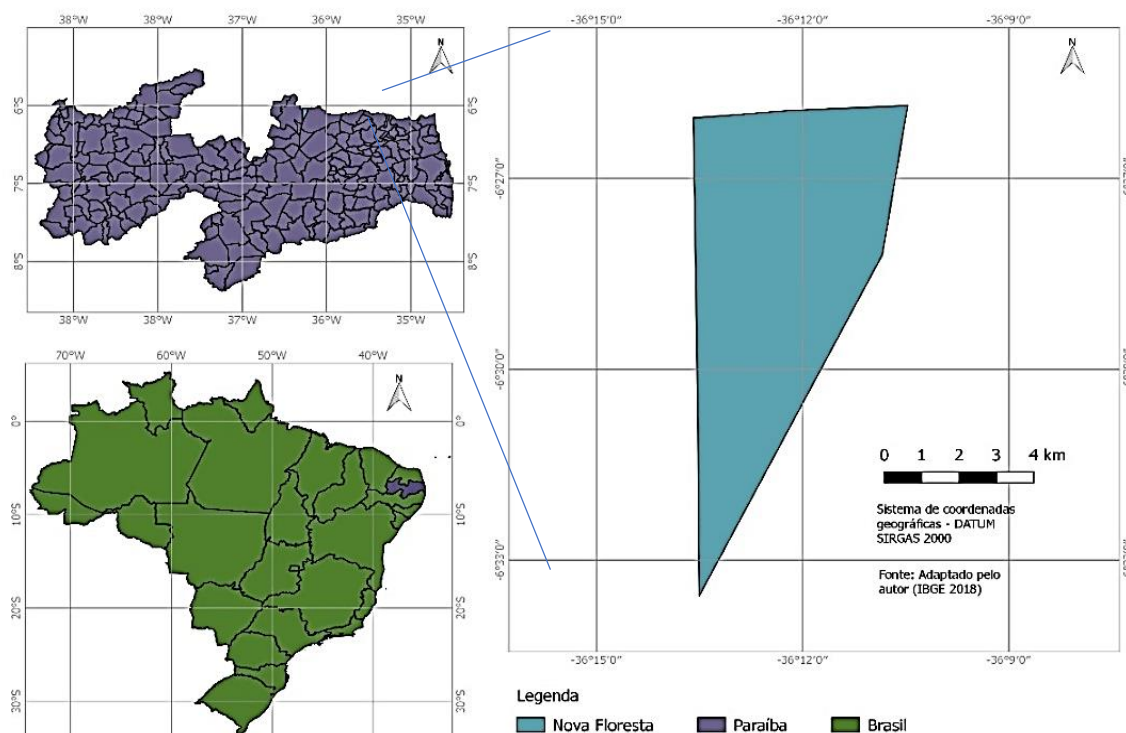
Dentre esses bioestimulantes, o ácido fúlvico, uma fração vital das substâncias húmicas do solo, emerge como uma peça central nas intrínsecas redes que regulam o metabolismo das plantas (YILDIRIM et al., 2021). O Ácido fúlvico como bioestimulante tem se destacado como um promotor benéfico de fisiologia e crescimento vegetal (AMINIFARD et al., 2020). Sua origem, que está ligada aos compostos orgânicos encontrados no solo, sugere uma relação intrínseca com os processos biológicos que sustentam a vida vegetal.

Assim, entender as interações entre as substâncias do solo e as plantas é imperativo para otimizar a produtividade agrícola. Nos últimos anos, a pesquisa agrônômica tem se voltado cada vez mais para estratégias que visam maximizar o potencial das plantas de forma sustentável (FREITAS, 2012; ALVES et al., 2022;). À medida que se avança no entendimento de suas interações específicas, torna-se claro que o ácido fúlvico desempenha um papel multifacetado no ambiente do solo e nas respostas fisiológicas de hortaliças (SUH et al., 2014; TAHA et al., 2016).

Ao compreender melhor as implicações deste bioestimulante no contexto agrícola, pode-se aprimorar as práticas de cultivo, promover a sustentabilidade e enfrentar os desafios associados à produção de alimentos em um mundo em constante transformação. Este trabalho objetivou avaliar as respostas biométricas e fisiológicas da cultura da couve-flor sob efeito da aplicação de doses de ácido fúlvico e diferentes fracionamentos.

10 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido de agosto até dezembro de 2022, em campo aberto, em propriedade particular, empresa Canteiro Cheiro Verde, localizada no município de Nova Floresta - PB, microrregião do Curimataú Paraibano, apresentando coordenadas geográficas 6° 27' 17" latitude Sul, 36° 12' 11" longitude Oeste, 660 metros de altitude, com clima classificado por Köppen tipo As' e precipitação pluviométrica média anual de 595 mm. Ao longo dos cinco meses de experimento as médias mensais de temperatura foram 24.56; 25.92; 26.49; 26.41; e 26.37°C com máximas de 33.50°C e mínima de 18.08°C e precipitação média mensal (0.01; 0.0; 0.06; 0.83; e 0.28 mm), respectivamente (AGRITEMPO, 2022).

Figura 16 - Localização da área do experimento

Fonte: Autoria própria

10.1 ETAPA I: CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO NO CAMPO

A área experimental foi dividida em três canteiros, demarcando-se 1 m entre os canteiros para a logística de cultivo. O solo foi inicialmente preparado por meio de aração e gradagem, após isso, o solo foi protegido com cobertura tipo mulching para redução da perda de umidade do solo e controle de “plantas daninhas”. Os canteiros tiveram as dimensões de 40 m de comprimento, 0,80 m de largura e 0,20 de altura. As plantas foram transplantadas e alocadas em fileira dupla, sendo 0,40 entre plantas, 0,20 entre linhas.

O bioestimulante utilizado trata-se de um produto comercial fonte de ácido fúlvico. A composição deste produto consta na tabela 8. A aplicação foi feita com auxílio de micropipeta, cerca de 5 cm de distância da planta.

Tabela 8 - Composição química do produto à base de ácido fúlvico

Matéria orgânica total	Ácido fúlvico	Carbono orgânico	Potássio (K ₂ O)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Nitrogênio	Índice salino	pH	Densidade
p/p	----- % -----						-	g cm ⁻³
30%	98,5	17,4	3	3	3	15,25	5,6	1,18

Fonte: Autoria própria

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizado (DBC), organizados a partir de um esquema fatorial 4x3, sendo quatro doses do AF (0; 20; 40; e 60 L ha⁻¹) aplicados em três frações de distintas: a primeira fração é aplicação total das doses aos 28 DAT; segunda fração corresponde a aplicação de 50% aos 14 e 50% das doses aos 28 DAT; e o terceiro fracionamento foi feito com 7, 14, e 28 DAT, correspondendo ao percentual de 20%, 20% e 60% das doses, respectivamente, totalizando 12 tratamentos. Foram utilizadas 8 plantas por parcela, sendo quatro plantas úteis e quatro consideradas “bordadura”, 12 tratamentos por bloco, e três blocos (correspondendo a três canteiros). Totalizando um stand de 288 plantas no experimento.

A variedade de couve flor utilizada foi o híbrido precoce de verão, com ciclo de 58 dias e temperatura ideal de 20 – 30 C°. Esta variedade possui porte médio, inflorescência branca, compacta, com formato semi-globular com extremidades arredondadas. A irrigação foi realizada por um sistema de gotejamento (fita gotejadora), com turno de rega de acordo com os valores de evapotranspiração determinados pela estação meteorológica, tendo uma estimativa de lâmina média diária aplicada de até 10,72 mm por planta (período de maior demanda hídrica), fracionada em duas aplicações médias de 5,76 mm, no início da manhã e no fim da tarde.

10.1.1 Fontes de adução orgânica

A fonte de adubo orgânico utilizada foi o esterco bovino, oriundos de vacas leiteiras, aplicados diretamente no solo, no momento da formação dos canteiros de produção, seguindo as diretrizes de produção orgânica do Mapa (2021), o esterco foi

curtido e coletado para análise de seus parâmetros físico-químicos no laboratório Plant Soil Petrolina – PE.

Características químicas da amostra de esterco bovino: D 874.5 kg m³; CE 5.02 dS m⁻¹; pH 8.98; C/N 1.2; U36° 9.09%; N 15.8 g kg⁻¹; C 19 g kg⁻¹; P 5.2 g kg⁻¹; K 15.3 g kg⁻¹; Ca 12.7 g kg⁻¹; Mg 14.4 g kg⁻¹; Na 6.4 g kg⁻¹; S 3.7 g kg⁻¹; Si 14.8 g kg⁻¹; Cu 23.9 mg kg⁻¹; Fe 17409 mg kg⁻¹; Mn 774.2 mg kg⁻¹; Zn 105.8 mg kg⁻¹; e, B 7.9 mg kg⁻¹

10.1.2 Fontes de adubação mineral

A adubação mineral foi realizada com NPK, além de Ca, Mg, e S, todos via fertirrigação, ao longo do ciclo da cultura da couve-flor. No total, será feito duas aplicações de ureia na dose de 125 kg ha⁻¹, cada; duas aplicações de cloreto de potássio na dose de 125 kg ha⁻¹; três aplicações de nitrato de cálcio na dose de 125 kg ha⁻¹, cada; duas aplicações de sulfato de magnésio na dose de 62,5 kg ha⁻¹, cada.

10.2 ETAPA II: CONDUÇÃO DE AVALIAÇÕES DO EXPERIMENTO EM CAMPO

10.2.1 Crescimento

Foram avaliadas as variáveis: altura de planta (AP), medindo-se da base (nível do solo) até o ápice da planta; Diâmetro do caule (DC), medindo-se a partir de 3 centímetros acima do nível do solo; Comprimento de folha (CF), medindo-se o comprimento máximo da nervura principal; Largura de folha (LF), medindo-se a largura máxima; Área foliar (AF), medindo-se a área e calculando conforme a equação: $AF = K + L + C$, em que:

K: coeficiente (0,60) (TIVELLI et al. 1997);

L: largura (cm);

C: comprimento.

As avaliações de crescimento foram realizadas quinzenalmente, com 3 avaliações no ciclo da cultura.

10.2.2 Análises Fisiológicas

As análises de trocas gasosas ocorreram entre 8:00-10:00 horas, no período em que as plantas apresentaram a 3ª folha fotossintetizante, contabilizando-se do ápice para baixo em três plantas centrais por tratamento, realizadas na sua parte mediana, com analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro⁺ Portable Photosynthesis System[®] (ADC BioScientific Limited, UK) LCPro⁺ com controle de temperatura a 25 °C, irradiação de 1800 μmol fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e fluxo de ar de 200 ml min^{-1} . As variáveis fisiológicas analisadas serão: concentração interna de CO_2 (C_i : $\mu\text{mol mol}^{-1}$), condutância estomática (g_s : $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa transpiratória (E : $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), fotossíntese líquida (A : expressa em $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{m}^{-1}$), eficiência do uso de água ($\text{EUA: } (A/g_s)$) e eficiência instantânea de carboxilação ($\text{EIC: } A/C_i$).

Foram coletados índices de clorofila “a”, “b”, e clorofila total nas plantas, com auxílio de um Clorofilog portátil, coletaram-se quatro amostras aleatoriamente dentro das parcelas para obtenção da média (MIRANDA et al., 2018).

A análise da fluorescência inicial (F_o), máxima (F_m) e variável (F_v) da clorofila ‘a’, relação entre os processos fotoquímicos e não fotoquímicos (F_v/F_o) e eficiência quântica do fotossistema II foi realizada com fluorômetro portátil, modelo OS-30p da Opti-Sciences[®]

10.2.3 Colheita

Foram avaliadas as variáveis: Peso fresco e peso seco da inflorescência da Couve-flor; Número de frutos não comerciais por planta em cada tratamento; Diâmetro da inflorescência (DF), medindo o diâmetro da mesma ou a maior largura, com o auxílio de um paquímetro digital; Comprimento de inflorescência (CF), medindo o

maior comprimento do fruto; Produtividade (P), estimando-se a produção por hectare utilizando o peso total de frutos por planta.

10.3 ETAPA III: ANÁLISES EM AMBIENTE CONTROLADO

10.3.1 Fertilidade do solo

O solo foi coletado previamente no Canteiro Cheiro Verde nas camadas de 0 a 20, e 20 a 40 cm de profundidade, peneirado em peneira com abertura de malha de 2 mm e seco à sombra por 48 horas (TFSA). O solo após secagem foi caracterizado quanto suas características físico-químicas no Laboratório de Análises de solo do Centro de Ciências Agrárias – UFPB Campus II, seguindo metodologias contidas em Teixeira (2017), resultado demonstrado nas tabelas 9 e 10.

Tabela 9 - Atributos químicos do solo antes da instalação do experimento

Profundidade	pH	P	S	K ⁺	Na	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	MO
(cm)	(H ₂ O) 1:2,5	mg dm ⁻³										g kg ⁻¹
0-20	7,5	105,21	-	141,88	0,79	0,0	0,0	4,51	2,12	7,79	7,79	27,80
20-40	7,5	52,87	-	115,33	0,40	0,0	0,19	2,76	1,36	4,82	4,82	13,69

Fonte: Autoria própria

Tabela 10 - Atributos físicos do solo

Areia	Silte	Argila	Argila natural	Grau de flocculação	Densidade do solo	Densidade de partícula	Poros total	Classificação textural
----- g kg ⁻¹ -----					----- g cm ⁻³ -----		m ³ /m ³	
727	149	124	26	790	1,53	2,46	0,38	Franco Argilosa

Fonte: Autoria própria

10.3.2 Água de irrigação

A água disponível nos reservatórios da empresa rural foi coletada e analisada no laboratório de tecnologia de solos e produtos de origem vegetal e animal – LTSPOVA/DSER/UFPB (Tabela 11).

Tabela 11 - Propriedades da água de irrigação

amostra	pH	C.E.	S-SO ₄ ⁻²	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	RAS	Classificação
		gm ⁻¹ a 25°C	mmol _e L ⁻¹									
2672	3,4	2,29	1,48	3,35	9,06	0,57	2,64	0,0	0,00	16,00	5,23	C4S2

Fonte: Autoria própria

10.3.3 Nutrientes

Foram feitas amostras compostas de quatro folhas de cada planta, segundo a recomendação de Martinez et al. (1999). Após as coletas, o material vegetal foi lavado com água destilada e acondicionado em sacos de papel *Kraft* e posteriormente acondicionados em estufa de circulação forçada de ar a 65°C durante 7 dias, para perda da umidade. Decorrido este período o material vegetal foi triturado em moinho tipo *Willey* e as amostras encaminhadas para as análises químicas no laboratório de matéria orgânica do solo LabMOS - UFPB. Do mesmo modo foi feito com a inflorescência da couve-flor, e as amostras encaminhadas para análises químicas para posterior avaliação da nutrição da parte comercial.

Os teores nutricionais de N, P, e K foram quantificados conforme Tedesco et al. (1995), o N determinado pelo método Kjeldahl, após digestão sulfúrica. Os teores de P determinados colorimetricamente pelo método do azul de molibdênio, enquanto os de K, por fotometria de chama.

10.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância e os valores médios do fracionamento de aplicação foram comparados pelo teste de Tukey, como também, modelos de regressão polinomiais para doses de ácido fúlvico até 5% de

probabilidade. Também foi realizada a correlação de Pearson, e análises as multivariadas de correlação canônica e análises de componentes principais (ACP), baseada no critério de Kaiser para retenção dos componentes principais. Utilizou-se nas análises multivariadas os pacotes FactoMiner (para a ACP), e CCA (para a correlação canônica). As análises foram realizadas utilizando o software estatístico R® 4.2.0, e as figuras construídas no software SigmaPlot® versão 12.5.

11 RESULTADOS

Conforme os dados demonstrados na tabela 12, com exceção do número de folhas, os demais atributos relacionados a biometria da planta de couve-flor não tiveram diferença significativa frente a aplicação do AF em qualquer fracionamento.

Tabela 12 - Análise de variância dos atributos biométricos da couve-flor. Taxa de crescimento relativo (Tcralt), taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule, taxa de crescimento relativo da área foliar (Trcaf)

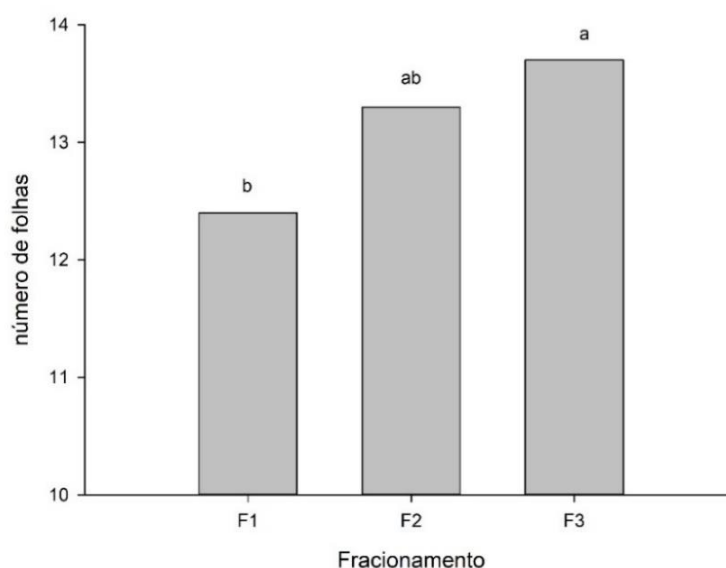
Fonte de Variação		Altura	Diâmetro do caule	Nº de folhas	Tcralt	Tcrdc	Trcaf	Área foliar
	GL	----- Quadrado médio -----						
Bloco	2	105.373	5.594	1.447	141.341*	11.7177	198.80	357565
Doses	3	2.094	0.215	1.649	16.638	23.8116	83.14	41076
Fracionamento	2	19.577	3.140	5.780**	15.431	26.3937	381.59	273118
Doses:fracionamento	6	17.495	3.178	0.710	27.720	4.0482	231.66	167849
Resíduo	22	34.845	3.588	0.996	34.540	24.6931	189.81	284040
CV (%)		10	6.9	5.9	11	3.2	9.7	19.1

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. "ns" = não significativo.

Fonte: Autoria própria

O número de folhas foi influenciado pelo fracionamento a 5% de probabilidade pelo teste tukey, o fracionamento 3 obteve melhor média, com 13.7, seguido do fracionamento 2, e por último do 1, com 12.4, como mostra na figura 17.

Figura 17 - Número de folhas por planta de couve-flor em função dos fracionamentos de ácido fúlvico



Fonte: Autoria própria

Quanto às variáveis fisiológicas, a tabela 13 demonstra os dados da análise do clorofilog e do fluorômetro, em que a clorofila a teve resultado significativo a 5% de probabilidade enquanto os demais parâmetros analisados não tiveram.

Tabela 13 - Valores referentes as variáveis fisiológicas feitos com clorofilog (Clob, Clob e Clot) e fluorômetro (F0, FV/F0, FV/FM). Clorofila a (Clob), clorofila b (Clob), clorofila total (Clot), fluorescência inicial (F0) (mínima), fluorescência máxima (FM), e fluorescência variável (FV).

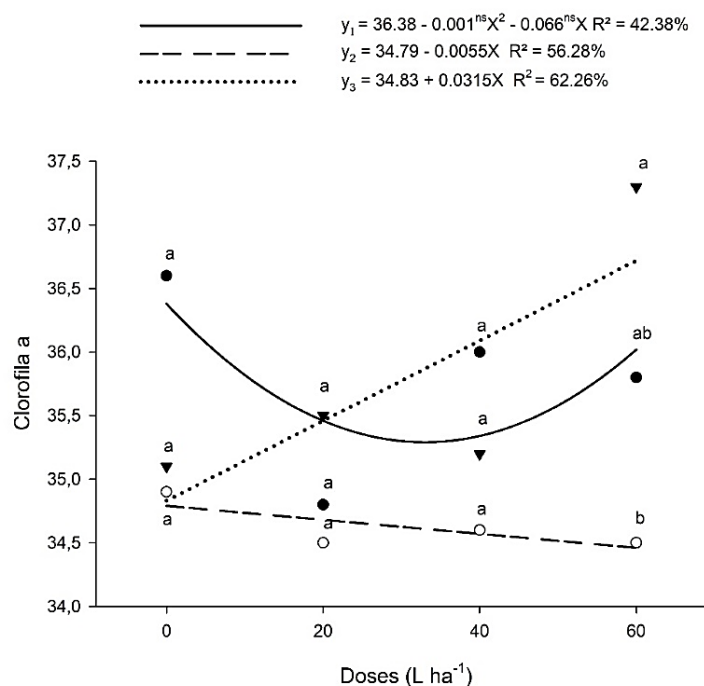
Fonte de Variação		Clob	Clob	Clot	F0	FV	FV/F0	FV/Fm
	GL	----- Quadrado médio -----						
Bloco	2	20.926***	11.879	57.215*	198.36	1463.4	0.2904	0.00111
Doses	3	1.417	8.182	9.030	170.29	247.0	0.3809	0.00133
Fracionamento	2	5.395*	4.223	12.158	65.528	1460.4	0.3432	0.00136
Doses:fracionamento	6	1.848	7.678	13.577	91.602	3496.7	0.3804	0.00173
Resíduo	22	1.218	6.230	10.431	108.05	3310.9	0.3015	0.00140
CV (%)		2.4	9.4	4.5	7.6	8.5	8.6	3.7

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

Fonte: Autoria própria

A clorofila “a” (figura 18) teve um aumento em seu teor de forma linear quando utilizado a dose de 60 L ha⁻¹ com o fracionamento 3, tendo seu maior valor atingido (37,3) quando aplicado a maior dose. Já o fracionamento 1 e 2 apresentaram valores menores utilizando a mesma dosagem (60 L ha⁻¹), conforme o teste de Tukey. O incremento no teor de clorofila “a” usando o fracionamento 3 foi de 4,1% e 8% em relação ao fracionamento 2 e 3, respectivamente.

Figura 18 - Índice de clorofila “a” em função de doses de ácido fúlvico aplicados em plantas de couve-flor em diferentes fracionamentos



Fonte: Autoria própria

A tabela 14 apresenta dados referentes às trocas gasosas, pode-se observar que a variável fotossíntese líquida (A) sofreu influência do fracionamento a 1% de probabilidade, assim como a eficiência instantânea de carboxilação (EIC) foi significativo a 5% de probabilidade. Os demais atributos analisados não apresentaram diferença significativa.

Tabela 14 - Resumo da análise de variância de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), concentração interna de carbono (Ci) e taxa transpiratória (E) em função de doses de AF e fracionamentos.

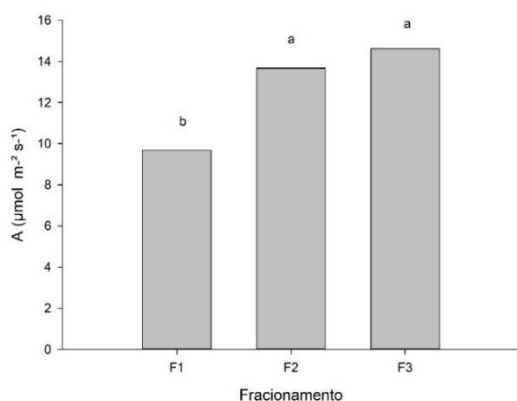
Fonte de Variação		A	gs	Ci	E	EIC	EUA
	GL	----- Quadrado médio -----					
Bloco	2	12.018	0.00071	914.31	0.2445	0.000370	0.5843
Doses	3	12.982	0.00320	99.80	0.1522	0.000298	1.2254
Fracionamento	2	82.512**	0.00441	2258.27	0.3615	0.003375*	7.5655
Doses:fracionamento	6	2.736	0.00120	320.65	0.1044	0.000159	4.4909
Resíduo	22	12.934	0.00147	1998.78	0.1438	0.000663	5.7376
CV (%)		22.2	20.4	13.6	19.8	29.3	21.6

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

Fonte: Autoria própria

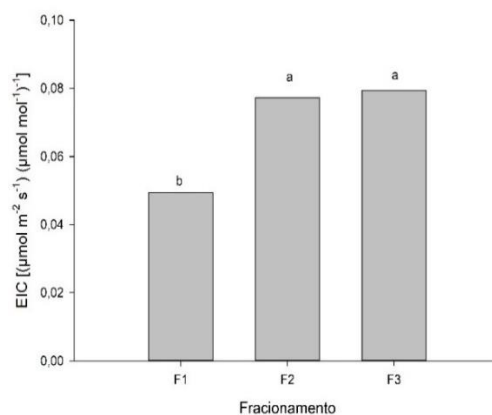
A fotossíntese líquida (A) apresentou melhores resultados quando submetidas aos fracionamentos 2 e 3, não obtendo diferença significativa entre si, e tendo média acima de $13,67 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e um valor máximo de $14,62 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Já para o fracionamento 1, obteve uma média 33,8% menor do que a média do fracionamento 3, como mostra a figura 19. Na figura 20, consta a eficiência instantânea de carboxilação. É possível observar que os fracionamentos 2 e 3 foram superiores ao 1 (sem fracionamento).

Figura 19 - Fotossíntese líquida (A) em plantas de couve-flor em função dos fracionamentos de ácido fúlvico



Fonte: Autoria própria

Figura 20 - Eficiência instantânea de carboxilação (EIC) em plantas de couve-flor em função dos fracionamentos de ácido fúlvico



Fonte: Autoria própria

Quanto às massas analisadas das partes da couve-flor, e sua produtividade (tabela 15), a massa da matéria fresca, massa da matéria seca e a produtividade, teve efeito significativo de doses, a 1% de probabilidade. As demais variáveis não foram influenciadas.

Tabela 15 - Análise de variância das partes da planta da couve-flor, e sua produtividade

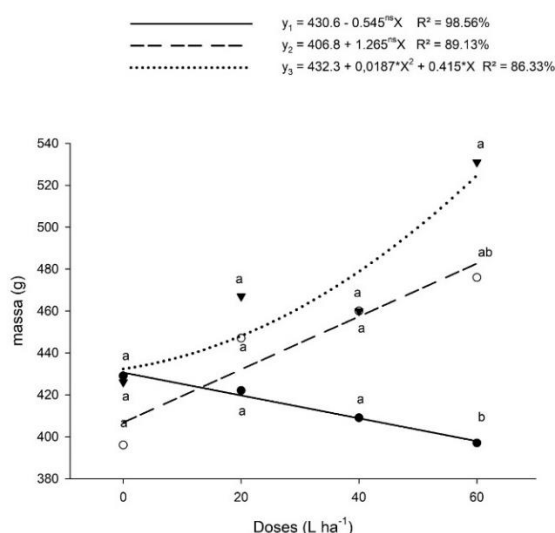
Fonte de Variação		Folha fresca	Folha seca	Massa fresca	Massa seca	Massa da raiz	Produtividade
	GL	----- Quadrado médio -----					
Bloco	2	40349*	3428.9*	22205*	213.28*	1091.77	1230499
Doses	3	71168	655.6	764	7.341	186.12	4764055**
Fracionamento	2	76526	704.0	22737*	218.38*	476.60	270949
Doses:fracionamento	6	16211	1243.8	8230.1	79.047	161.38	671889
Resíduo	22	10979	880.6	4864.7	46.719	254.63	839058
CV (%)		16.1	16	12.3	12.6	16.4	10.7

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

Fonte: Autoria própria

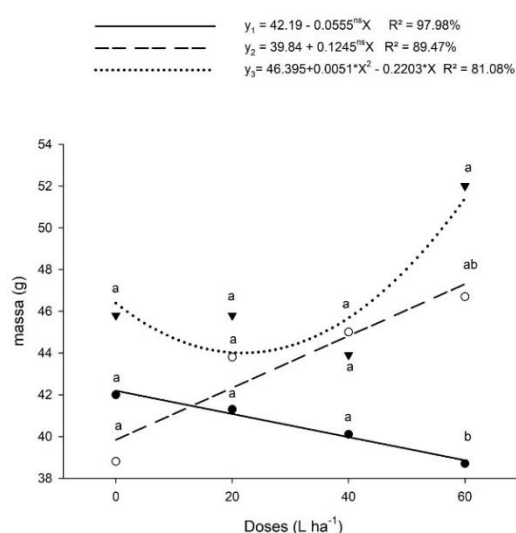
As massas da matéria fresca (figura 21) e seca (figura 22) da inflorescência da couve-flor tiveram diferença significativa com a aplicação do AF. Essas massas foram influenciadas de forma semelhante pelo fracionamento da dose, tendo o maior valor no fracionamento 3 com a dose de 60 L ha⁻¹. Com o fracionamento 2 as massas tiveram um aumento linear conforme o aumento das doses. O fracionamento 1 (sem fracionamento), ocasionou diminuição da massa da inflorescência.

Figura 21 - Massa da matéria fresca da inflorescência de plantas de couve-flor em função de doses de ácido fúlvico



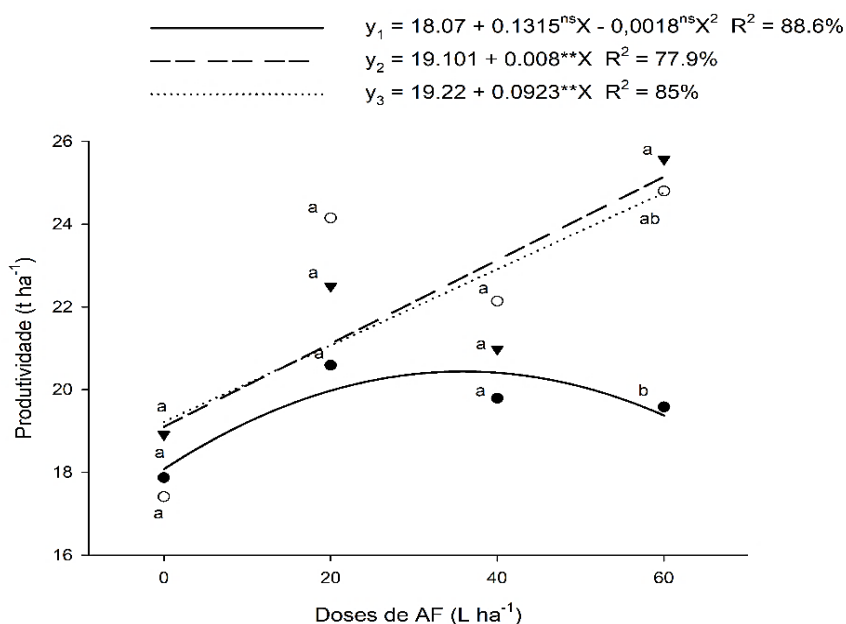
Fonte: Autoria própria

Figura 22 - Massa seca da inflorescência de plantas de couve-flor em função de doses de ácido fúlvico



Fonte: Autoria própria

A produtividade aumentou no fracionamento 1, com máximo 20,6 t ha⁻¹ na dose 20,60 L ha⁻¹, e diminuiu gradativamente com o aumento da dose (Figura 21). O fracionamento 2 e 3 teve um comportamento semelhante frente as doses. Sendo o fracionamento 3 o que atingiu maior valor da produtividade, com 25,57 t ha⁻¹ na maior dose (60 L ha⁻¹). O fracionamento 2 teve sua maior produtividade (24,80 t ha⁻¹) na maior dose, e segunda maior na dose (20 L ha⁻¹).

Figura 23 - Produtividade da couve-flor em função de doses de ácido fúlvico

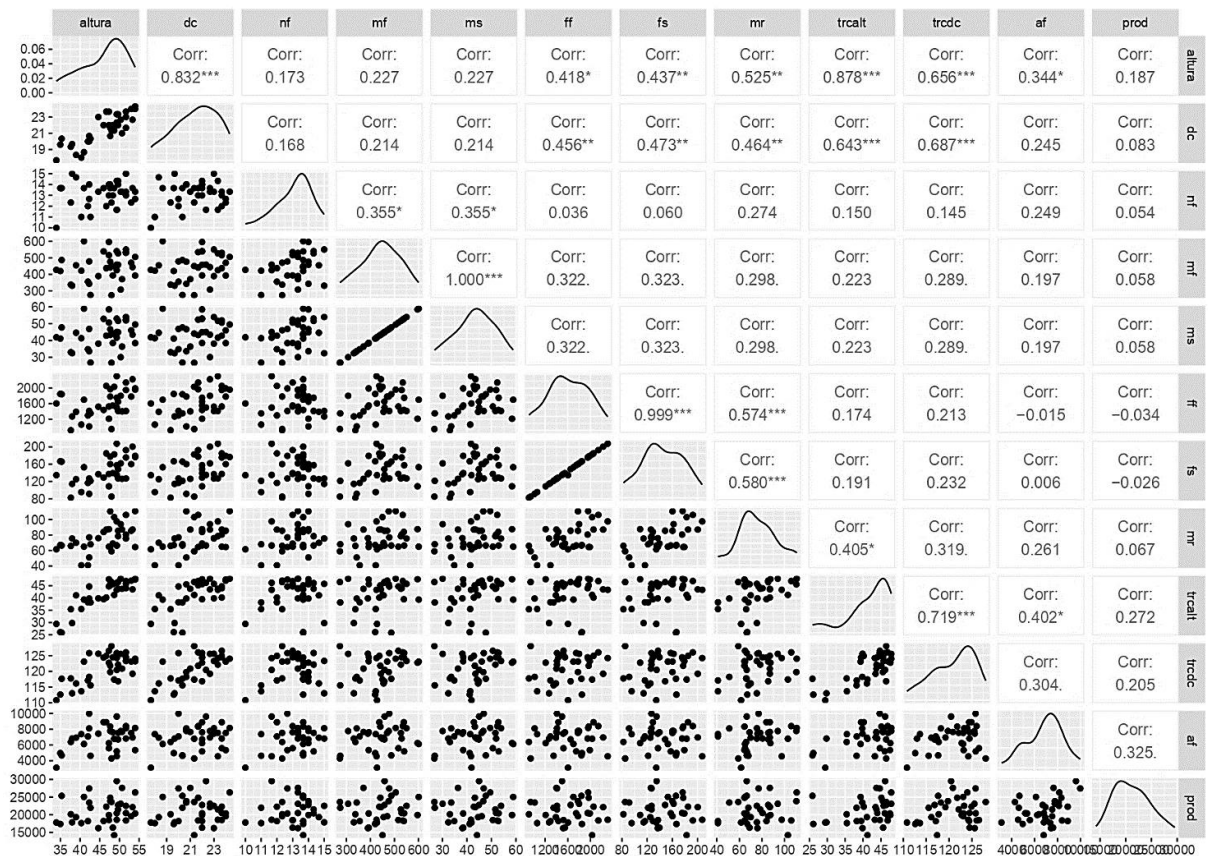
Fonte: Autoria própria

A figura 24 mostra a correlação de Pearson para os atributos biométricos e das partes da planta de couve-flor, nesta é possível observar os principais atributos que possuem grande, moderada, e nenhuma correlação, como a altura, que tem correlação positiva com o diâmetro do caule (dc), massa da folha fresca (ff), massa da raiz (mr), taxa de crescimento relativo do caule (tcrdc) e área foliar (af). O diâmetro do caule tem correlação positiva com a massa da folha fresca, massa da folha seca, com a massa da raiz. O número de folhas tem correlação com as massas fresca, e seca da folha. A massa da folha fresca e da folha seca possui correlação positiva com a raiz, e a massa da raiz tem correlação positiva com a taxa de crescimento da planta.

Observando a correlação de Pearson entre os atributos fisiológicos referentes às trocas gasosas, pode-se afirmar que esta ocorreu entre a fotossíntese líquida, a eficiência do uso de água, e a concentração interna de carbono de forma positiva, ou seja o aumento de um aumentou os outros dois. A taxa transpiratória (E) apresentou correlação positiva com a condutância estomática, a fotossíntese líquida (A) e eficiência instantânea de carboxilação (EIC). A condutância estomática apresentou correlação positiva com a fotossíntese líquida e, também, a eficiência instantânea de carboxilação. A fotossíntese líquida também evidenciou correlação com a eficiência

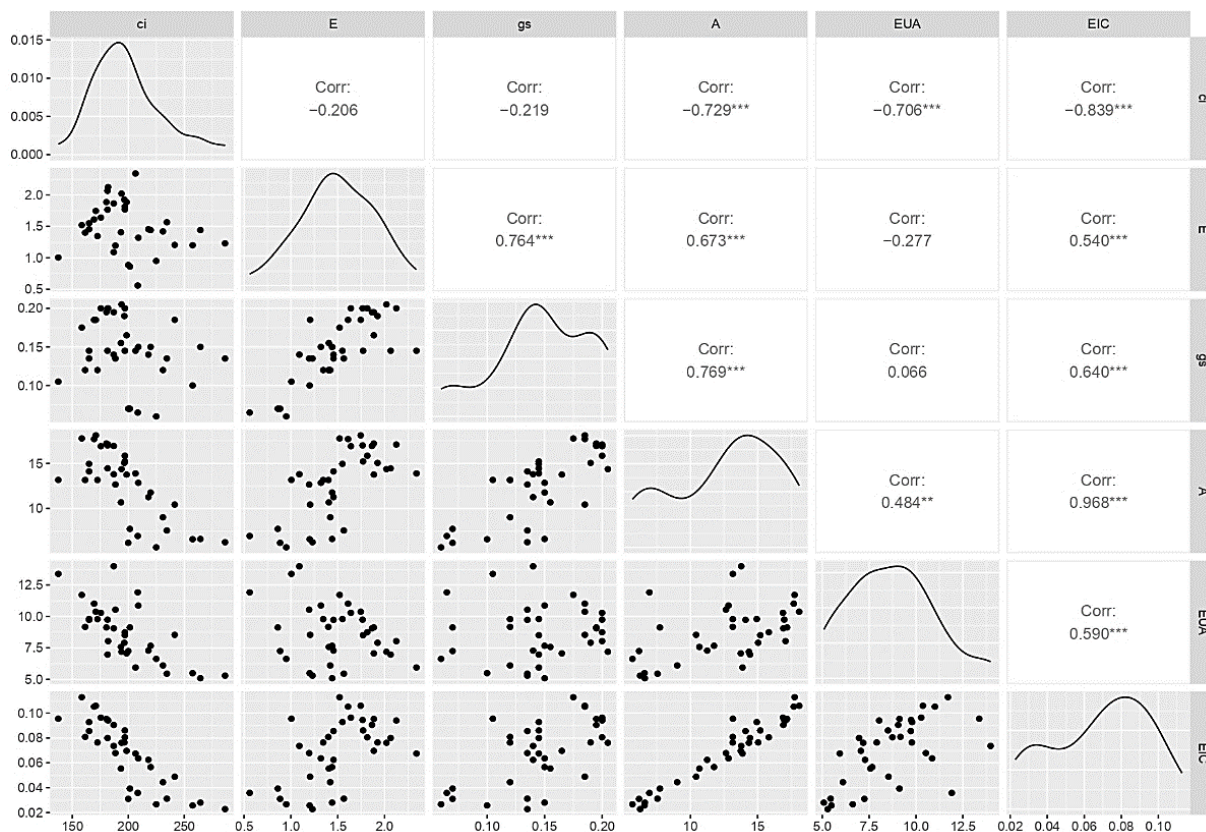
do uso de água e eficiência instantânea de carboxilação. Como apresentado na figura 23.

Figura 24 - Correlação de Pearson entre os atributos biométricos e partes da planta de couve-flor. Diâmetro do caule (dc), número de folhas (nf), massa fresca da inflorescência (mf), massa seca da inflorescência (ms), massa da folha fresca (ff), massa da folha seca (fs), massa da raiz (mr), taxa de crescimento relativo da altura (trcalt), taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (tcrdc), área foliar (af), produtividade (prod).



Fonte: Autoria própria

Figura 25 - Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), concentração interna de carbono (Ci), taxa transpiratória (E), eficiência instantânea de carboxilação (EiC), e eficiência no uso de água (EUA).



Fonte: Autoria própria

A correlação canônica entre os atributos químicos do solo e os de crescimento da planta são demonstrados na figura 24, e na tabela 16. Esta correlação mostra que o aumento dos atributos de crescimento da planta acompanhou a taxa de aumento dos atributos de fertilidade do solo, sendo o “eixo x” do solo e “eixo y” o da planta. Os principais fatores que contribuíram para esta relação foi o potássio, a CTC, e a saturação por bases (V%) no solo com a taxa de crescimento relativo da altura da planta (tcralt), a produtividade e a área foliar (af), respectivamente.

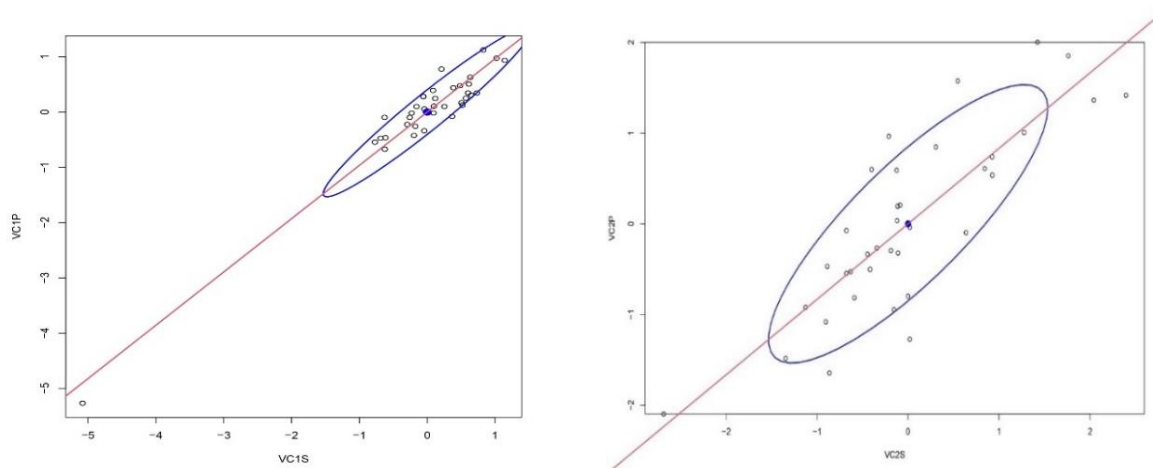
Tabela 16 - Correlações canônicas e pares canônicos estimados entre componentes primários Grupo I: potencial hidrogênio iônico (pH), hidrogênio mais alumínio (Hal), sódio (Na), potássio (K), carbono (C), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V) e secundários Grupo II: altura (alt), diâmetro do caule (dc), massa seca da inflorescência (ms), folha seca (fs), massa da raiz (mr), taxa de crescimento relativo da altura (trcalt), taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (trcdc), área foliar (af), produtividade (prod).

Variáveis	Pares canônicos	
	1º	2º
	----- Solo -----	
pH	-0.55	1.09
Hal	-0.38	0.37
Na	-0.31	-0.50
K	-3.24	0.30
P	0.14	0.24
C	0.77	-0.11
CTC	2.72	-0.48
V	0.97	-0.08
	----- Crescimento -----	
alt	0.60	2.44
dc	0.41	-1.61
ms	0.29	-0.10
fs	-0.22	-0.31
mr	0.28	0.49
trcalt	-0.90	-2.26
trcdc	-0.45	0.90
af	-0.67	0.21
prod	0.68	-0.27
R	0.702	0.629
p	<0,001	<0,001
v.a.	38.96%	65.16%

R= coeficiente de correlação canônica p = probabilidade; v.a. = variação acumulada

Fonte: Autoria própria

Figura 26 - Correlação canônica 1 dos atributos de fertilidade e nutrientes do solo com os atributos de crescimento e produtividade da planta. Correlação canônica 2 dos atributos de fertilidade e nutrientes do solo com os atributos de crescimento e produtividade da planta



Fonte: Autoria própria

A correlação canônica entre os atributos do solo e parâmetros fisiológicos da planta são apresentados na figura 25 e 26, e na tabela 17, nestas são evidenciados os comportamentos dos atributos analisados que contribuíram para estas correlações. Na primeira (figura 25), os principais fatores que contribuíram foram a CTC, potássio e o fósforo no solo com fotossíntese líquida, a eficiência instantânea de carboxilação e taxa respiratória, respectivamente, na planta. A segunda correlação (figura 26) mostra que o potássio, a CTC e o hidrogênio mais alumínio do solo correlacionou-se com a fotossíntese líquida, taxa respiratória e foram os fatores mais importantes.

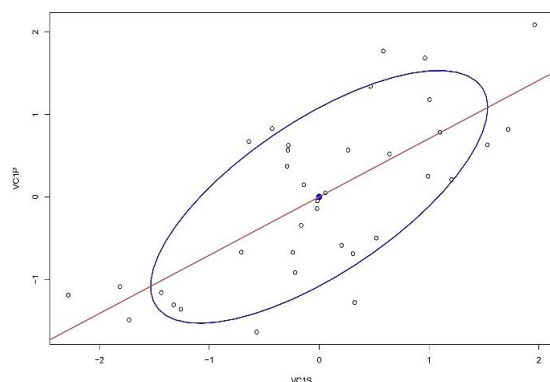
Tabela 17 - Correlações canônicas e pares canônicos estimados entre componentes primários Grupo I: potencial hidrogênio iônico (pH), hidrogênio mais alumínio (Hal), sódio (Na), potássio (K), carbono (C), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V) e secundários Grupo II: fotossínteses líquida (A), condutância estomática (gs), concentração interna de carbono (Ci), taxa transpiratória (E), eficiência instantânea de carboxilação (EiC), e eficiência no uso de água (EUA), Clorofila a (C_{loa}), clorofila b (C_{lob}), fluorescência inicial (F₀) (mínima), fluorescência máxima (FM), e florescência variável (FV).

Variáveis	Pares canônicos	
	1º	2º
	----- Solo -----	
pH	0.40	0.26

Hal	0.43	3.84
Na	0.51	0.03
K	1.37	12.66
P	-0.67	0.36
C	-0.39	-0.46
CTC	-1.14	-13.26
V	0.01	-0.77
----- Variáveis fisiológicas -----		
ci	-0.03	-1.25
E	1.29	2.14
Gs	-1.15	1.46
A	-3.38	-5.33
EUA	0.30	1.80
EIC	2.72	0.71
fv_fm	-0.58	1.89
fv_f0	0.41	-2.04
cloa	0.71	-0.11
clob	-0.05	0.04
r	0,793	0,668
p	<0,001	<0,001
v.a.	41.3%	61.0%

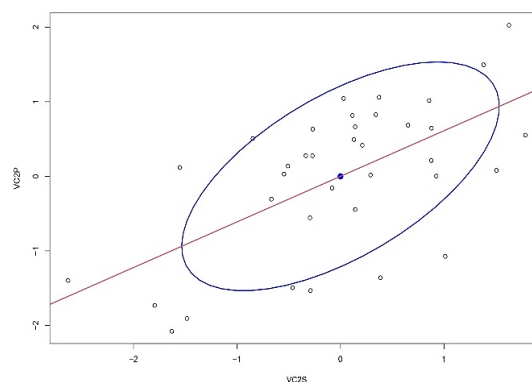
r = coeficiente de correlação canônica p = significância; v.a. = variação acumulada
 Fonte: Autoria própria

Figura 27 - Primeiro par canônico entre variáveis do solo e fisiológicas



Fonte: Autoria própria

Figura 28 - Segundo par canônico entre variáveis do solo e fisiológicas

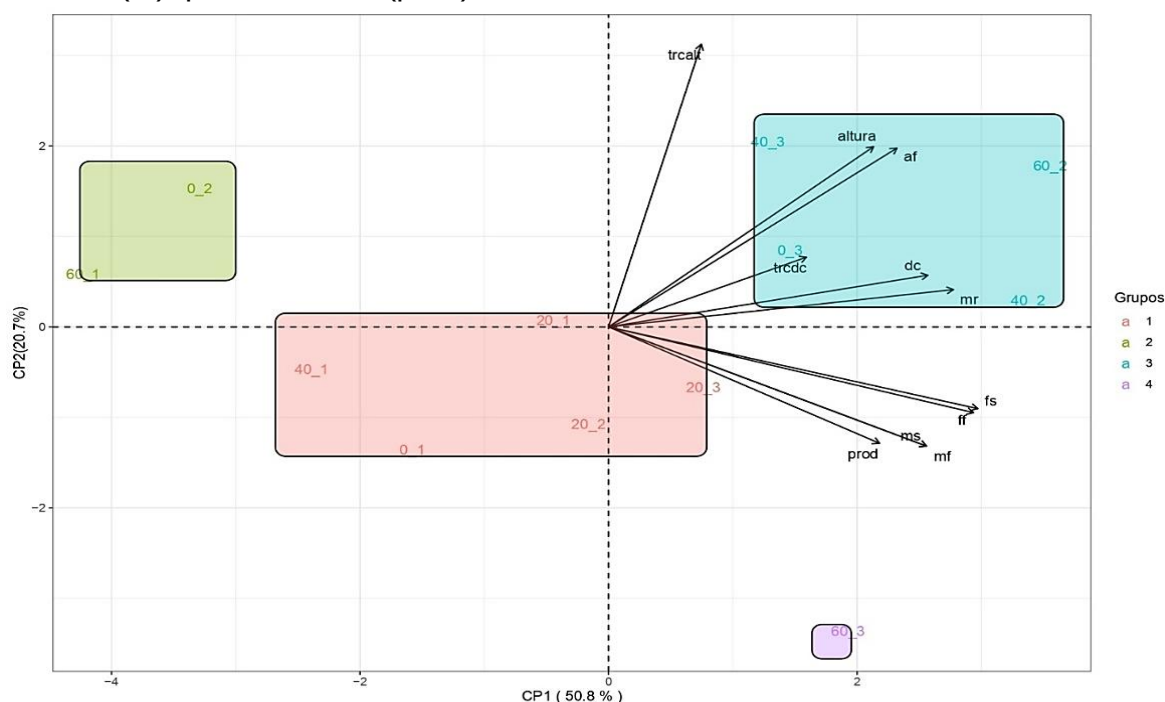


Fonte: Autoria própria

Observando a análise de componentes principais dos atributos de crescimento (figura 29), o primeiro componente, o solo, apresentou scores positivos para todas as variáveis exceto para P e Hal. O segundo componente apresentou scores negativos apenas para pH. No grupo 1 da ACP apresenta os tratamentos com maiores scores

para o CP1, variáveis CTC, SB, K, V% possuem maiores valores neste eixo, e menores valores para Hal e P. Considerando o CP2, o grupo 1 tem maiores valores de pH e menores de Hal e CTC. O grupo 2 apresenta valores intermediários. O grupo 3 considerando o CP1, dispõe de menores valores de CTC, SB, V% e K, e maiores valores de P e Hal. Considerando o CP2, o grupo está intermediário. Os tratamentos do grupo 3 o que mais se aproximaram destes atributos: altura, área foliar, taxa de crescimento relativo da altura e do caule, diâmetro do caule e massa da raiz. O tratamento na dose de 60 L ha⁻¹ com fracionamento 3 ficou no grupo 4, o mais próximo da produtividade, massa fresca e massa seca da inflorescência, folha fresca e folha seca. Estes atributos tiveram comportamentos bastante semelhantes. O grupo 1 ficaram dois tratamentos controles, em que apresentaram um comportamento intermediário quando comparados aos componentes analisados. O grupo 2 apresenta scores negativos no eixo “x” para variáveis de crescimento. Estes contam com o tratamento na dose 60 L ha⁻¹ com fracionamento 1, e um tratamento controle. A variância acumulada foi de 71,5%.

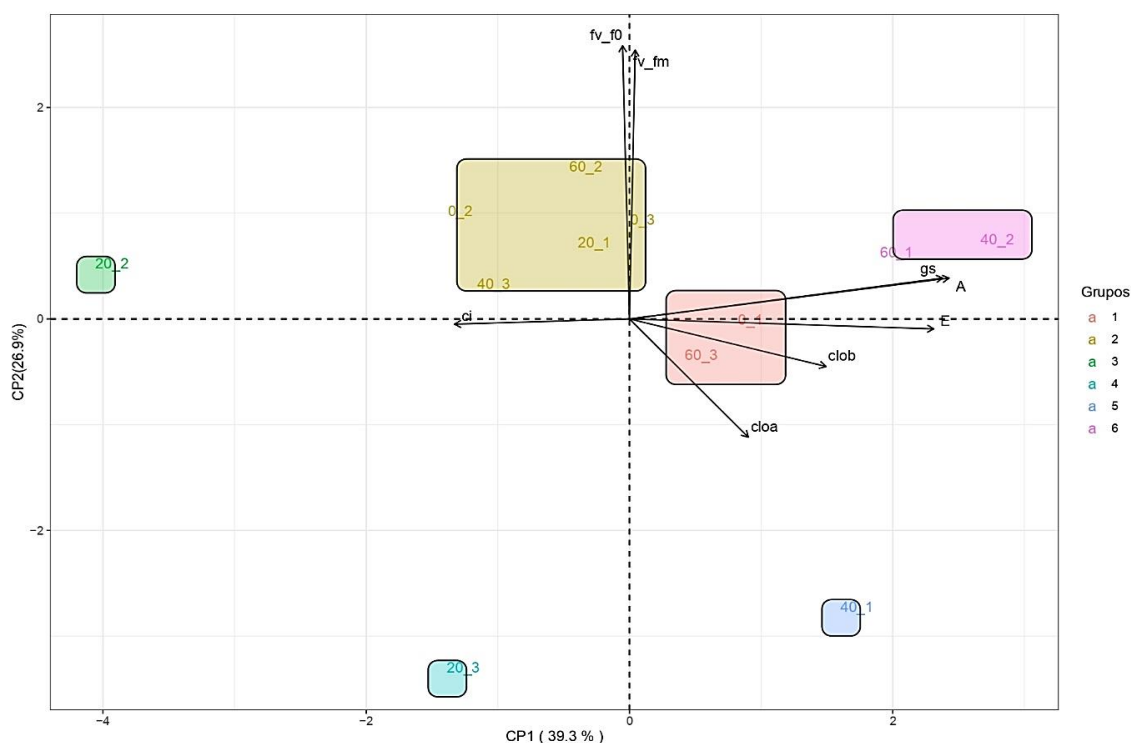
Figura 29 - Análise de componentes principais dos atributos de crescimento da couve-flor e os tratamentos. Diâmetro do caule (dc), número de folhas (nf), massa fresca da inflorescência (mf), massa seca da inflorescência (ms), massa da folha fresca (ff), massa da folha seca (ms), massa da raiz (mr), taxa de crescimento relativo da altura (trcalt), taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (trcdc), área foliar (af), produtividade (prod).



Fonte: Autoria própria

A análise de componentes principais referente as variáveis fisiológicas contém seis grupos, sendo os grupos 1 e 6, os que mais se aproximaram das variáveis: fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), taxa transpiratória (E), clorofila a e clorofila b. O grupo 2 se aproximou mais da concentração interna do carbono (ci) e das variáveis de inflorescência: florescência variável (Fv-f0), e rendimento fotoquímico máximo do fotossistema II (Fv/fm). O grupo 3 se aproximou mais da concentração interna do carbono, o 4 não teve interação positiva com as variáveis, e o 5 ficou mais próximo a clorofila a. É possível definir que variáveis como fotossíntese líquida, condutância estomática, taxa transpiratória, clorofila a e clorofila b tiveram comportamento semelhantes na presente análise. Enquanto a concentração interna de carbono mostrou-se contrária aos demais. A florescência variável (Fv-f0), e rendimento fotoquímico máximo do fotossistema II (Fv/fm), ficaram perpendicular as demais variáveis. Como mostra a figura 28. A variância acumulada foi de 66,2%.

Figura 30 - Análise dos componentes principais das variáveis fisiológicas da couve-flor. Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), concentração interna de carbono (Ci), taxa transpiratória (E), clorofila a (cloa), clorofila b (clob), florescência variável (Fv-f0), e rendimento fotoquímico máximo do fotossistema II (Fv/fm).



Fonte: Autoria própria

12 DISCUSSÃO

O número de folhas foi a única variável biométrica da planta da couve-flor que sofreu influência dos tratamentos, no caso, do fracionamento. Isto pode ter ocorrido devido ao fato de o AF mimetizar alguns hormônios de crescimento na planta (TREVISAN, 2010), como a auxina, hormônio vegetal associado à expansão celular, iniciação de raízes e diversos outros efeitos fisiológicos (BORCIONI, 2016). O fracionamento 3, que apresentou melhor desempenho, aplicado três vezes no solo, aos 7, 14, e 28 dias, faz com que a ação do AF tenha maior periodicidade na planta, o que aparentemente influenciou no estímulo de brotação de novas folhas. Outra hipótese é que a aplicação parcelada em três vezes minimiza a perda de AF, desta forma aumentando a eficiência de aplicação.

Os demais tratamentos não sofreram influência em suas variáveis biométricas, de mesmo modo constatou Pinos (2018), em seu trabalho utilizando substâncias húmicas (SH) na cultura do milho não obteve resultados significativos para altura, taxa de crescimento relativo da área foliar e da raiz. Em outros estudos, utilizando tratamentos com AF e NPK, LÜDTKE et al. (2018), não obteve diferença significativa quando aplicados à cultura da alface.

Dos pigmentos fotossintéticos, a clorofila “a” foi a variável que apresentou diferença significativa entre os tratamentos. A aplicação fracionada em três vezes apresentou melhor desempenho, utilizando a maior dose, o que possibilita afirmar que o fracionamento do AF favorece o metabolismo fotossintético da couve-flor. Segundo Abdel-Baky (2019), o ácido fúlvico tem o potencial de ampliar a absorção de nitrogênio (N) e magnésio (componente estrutural da clorofila), retardar o processo de senescência e incrementar o acúmulo de clorofila, contribuindo assim para uma elevada taxa de fotossíntese. O aumento da clorofila “a” pode ter ocorrido pelo efeito antioxidante do AF, protegendo as células das plantas contra danos que possam ser causados por radicais livres (FANG, 2020). Bayat et al. (2021), mostrou em sua pesquisa com mil-folhas (*Achillea millefolium* L.) que a aplicação de AF e AH aumentou o teor de clorofila “a”, clorofila “b”, clorofila total e carotenóides desta espécie.

A fotossíntese líquida teve resultados positivos quando aplicado o AF no fracionamento 2 e 3, da mesma forma com a eficiência instantânea de carboxilação. O aumento da fotossíntese líquida provavelmente está relacionado com o aumento do teor de clorofila “a”, pois, em condições ideais, este teor gera uma maior fotossíntese na planta, como a fotossíntese líquida é a diferença entre a fotossíntese bruta com o que ela gasta para liberar energia. Silva (2023), constata em seu trabalho que a fotossíntese líquida foi maior quando submetida ao AF e bioestimulante à base de algas marinhas. A Eficiência Instantânea de Carboxilação (EiC) é responsável pela velocidade com que a RUBISCO (ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase) fixa o carbono durante o processo de fotossíntese. Um aumento na eficiência da EiC tende a minimizar a fotorrespiração, permitindo que mais carbono seja fixado durante a fotossíntese (ZHU et al., 2010).

Observando as variáveis das partes da planta de couve-flor, apenas massa fresca e seca da inflorescência, e a produtividade apresentou resultado significativo para doses. Os fracionamentos 2 e 3 apresentaram comportamentos semelhantes conforme aumento da dose, considerando que o estágio de aplicação em comum destes dois fracionamentos é 14 e 28 DAT o AF pode ter influenciado em momentos críticos da produção da planta. As doses de AF promoveram diferença significativa, a maior dose apresentou melhor desempenho na produtividade. Braziane et al. (2021), utilizando AF nas culturas de beterraba sacarina (*Beta vulgaris* L.) e trigo de primavera (*Triticum aestivum*), constataram que ocorreu aumento na expansão das raízes de beterraba e no rendimento de grãos de trigo. De forma similar, Catuchi et al (2016), testaram a aplicação de AF em diferentes estádios fisiológicos da soja, e constatou a melhora em diversos aspectos da planta, entre eles o rendimento de grãos e número de vagens por planta, quando determinada dose de AF em determinado estágio da planta.

A correlação de Pearson feita com os atributos biométricos, das partes secas e frescas, e da produtividade da couve-flor mostrou que o diâmetro do caule e altura da planta teve correlação positiva com a maioria das variáveis. À medida que a planta ganha altura e diâmetro, os outros componentes como folha fresca, seca, área foliar, e massa da raiz acompanham este crescimento (TAIZ, 2017).

Na correlação de Pearson com as variáveis fisiológicas, a fotossíntese líquida resultou em alta correlação positiva com a taxa transpiratória da couve-flor, ou seja, quanto maior a primeira, maior será a segunda variável. Apesar de a fotossíntese e a respiração serem dois processos intimamente interligados, envolvendo a mesma quantidade de moléculas, estes operam em direções opostas (PES et al., 2015), na correlação de Pearson feita neste trabalho mostrou que esta correlação pode ser positiva. A alta correlação negativa da fotossíntese líquida e a concentração interna de CO₂ acontece, pois o incremento de CO₂ desencadeia reações que diminuem a velocidade de carboxilação pela enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase / oxigenase (Rubisco) (FEITOSA, 2014).

A análise de correlação canônica (ACC) entre os atributos de fertilidade e nutrientes do solo com o crescimento de produtividade da planta mostrou que três variáveis do solo (K, CTC e V%) se correlacionou com a “tcralt”, a produtividade e a área foliar. O K foi o elemento fundamental para o desenvolvimento da planta de couve-flor, este que é o elemento mais requerido desta planta (IAC, 2007), este, também, foi o elemento que mais contribuiu para a CTC e SB do solo. Silva et al. (2016), constatou em seu experimento que a adubação potássica em grandes doses contribuiu para o crescimento linear da produtividade da couve-flor.

A ACC dos atributos do solo e variáveis fisiológicas na planta apontou que os principais fatores de correlação entre estes foi a CTC, K e P do solo com a fotossíntese líquida (A), a eficiência instantânea de carboxilação (EIC), e a taxa de respiração na planta (E), respectivamente. O K possui grande influência nos processos fisiológicos da planta, como controle de abertura de estômatos, e potencial osmótico das células (PAULILO et al., 2010). Esta ligação intrínseca entre o K e os processos fisiológicos na planta culmina na atuação desse nutriente na EIC. O aumento de P no solo estimula o crescimento de raízes, além disso faz parte dos compostos orgânicos responsáveis pela fixação do CO₂ da atmosfera e pelo metabolismo dos açúcares (MELO, 2021), desta forma é possível explicar a correlação deste elemento com taxa respiratória da planta de couve-flor.

13 CONCLUSÕES

O fracionamento 3 influenciou no aumento de número de folhas, e dos atributos fisiológicos clorofila “a”, fotossíntese líquida e eficiência instantânea de carboxilação. A dose de 60 L ha⁻¹ a que proporcionou maior valor de clorofila “a”.

A dose de 60 L ha⁻¹ de AF utilizada com o fracionamento 3 rendeu os maiores valores de massas da matéria fresca e seca da inflorescência da couve-flor, além da produtividade.

Existe correlação canônica entre os atributos de fertilidade e nutrientes do solo com o crescimento e produtividade da planta, destacando-se o potássio, a capacidade de troca catiônica, e a saturação por bases no solo com a taxa de crescimento relativo da altura da planta, a produtividade e a área foliar.

Existe correlação canônica entre os atributos de fertilidade e nutrientes do solo e as variáveis fisiológicas, destacando-se a capacidade de troca catiônica, o potássio e o fósforo no solo com fotossíntese líquida, a eficiência instantânea de carboxilação e taxa respiratória.

14 AGRADECIMENTOS

Ao canteiro “Cheiro verde” pelo espaço e todo o apoio disponibilizado para realização do experimento em campo.

À FAPESQ pelo incentivo e aprovação do projeto, edital Nº 09/2021), para a realização deste trabalho.

À CAPES pelo apoio e incentivo ao pesquisador e a pesquisa em todo país.

À Universidade Federal da Paraíba e especialmente ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade e ensinamentos.

REFERÊNCIAS

ABDEL-BAKY, Y. R.; ABOUZIENA, H. F.; AMIN, A. A.; RASHAD EL-SH, M.; & ABD EL-STTAR, A. M. Improve quality and productivity of some faba bean cultivars with foliar application of fulvic acid. **Bulletin of the National Research Centre**, v. 43, p. 1-11, 2019.

- <https://doi.org/10.1186/s42269-018-0040-3>

-

ALVES, H. K. M. N.; JARDIM, A. M. D. R. F.; JÚNIOR, G. D. N. A.; SOUZA, C. A. A. de.; LEITE, R. M. C.; SILVA, G. I. N. da.; NOVAES, G. I.; SOUZA, L. S. B. de.; & SILVA, T. G. F. da. Uma abordagem sobre práticas agrícolas resilientes para maximização sustentável dos sistemas de produção no Semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 1, p. 373-392, 2022.

<https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.1.p373-392>

AMINIFARD, M. H., GHOLAMI, M., BAYAT, H., & MORADINEZHAD, F. Effect of Fulvic Acid and Amino Acid Application on Physiological Characteristics, Growth and Yield of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) as a Medicinal Plant. **Journal of Agroecology**, v. 12, n. 3, p. 373-388, 2020.

Doi: [10.22067/JAG.V12I374672](https://doi.org/10.22067/JAG.V12I374672)

AVALHAES, C. C.; PRADO, R. de M.; CORREIA, M. A. R.; ROZANE, D. E.; & ROMUALDO, L. M. Avaliação do estado nutricional de plantas de couve-flor cultivadas em solução nutritiva suprimidas de macronutrientes. **Nucleus**, v. 6, n. 1, p. 1-14, 2009.

DOI: <https://doi.org/10.3738/nucleus.v6i1.162>

BARRAL, S. D.; MONTEIRO, S. M. F.; SOARES, R. C.; & LIMA JÚNIOR, J. A. de. VÁRIAVEIS BIOMÉTRICAS DA COUVE-FLOR EM FUNÇÃO DE DOSES DE BORO E TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO NA REGIÃO NORDESTE PARAENSE.

BARROS, J. D. de. S. Contribuições da matéria orgânica do solo para mitigar as emissões agrícolas de gases de efeito estufa. **Polêm! ca Revista Eletrônica**, v. 12, n. 2, abril/jun. 2013.p. 341-351.

DOI: <https://doi.org/10.12957/polemica.2013.6436>

BITTENCOURT, K. C.; de SOUZA, R. R.; PAZETTO, S. B.; TOEBE, M.; TOEBE, I. C. D.; & CARGNELUTTI FILHO, A. How many cauliflower seedlings are necessary to estimate experimental precision statistics reliably?. **Scientia Horticulturae**, v. 310, p. 111788, 2023.

<https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4085271>

BNV, P.; MAHAVISHNAN, K.; GURUMURTHY, D.S.; UPADHYAY, A. P., & SHARMA, N. K. Fulvic acid (FA) for enhanced nutrient uptake and growth: insights from biochemical and genomic studies. **Journal of Crop Improvement**, v. 28, n. 6, p. 740-757, 2014.

DOI:10.1080/15427528.2014.923084

BORCIONI, E.; MÓGOR, Á. F.; PINTO, F. Aplicação de ácido fúlvico em mudas influenciando o crescimento radicular e produtividade de alface americana. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 509-515, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160061>

BRAIDA, J. A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A. & REICHERT, J. M. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. Tópicos em ciência do solo, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 7, Viçosa-MG, 2011. p. 221-278.

BRAZIENE, Z.; PALTANAVICIUS, V.; AVIZIENYTĖ, D. The influence of fulvic acid on spring cereals and sugar beets seed germination and plant productivity. **Environmental Research**, v. 195, p. 110824, 2021. DOI:10.1016/j.envres.2021.110824

CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPPER, J.W. Usos agrícolas de bioestimulantes vegetais. **Plant Soil**, 383 (2014), pp . 3 – 41. DOI: <https://doi.org/10.1007/s1110>

CANELLAS, L. P. et al. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. **Scientia horticulturae**, v. 196, p. 15-27, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>

CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; AGUIAR, N. O.; JONES, D. L.; NEBBIOSO, A.; MAZZEI, P.; & PICCOLO, A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. **Scientia horticulturae**, v. 196, p. 15-27, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>

CARDOSO, E. J. B. M; ANDREOTE, F. D. Microbiologia do solo. 2ª ed. Piracicaba: ESALQ, 2016. p. 38.

CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CASTRO, P. R. C. Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos. **Piracicaba: ESALQ/USP**, 2015.

CASTOLDI, R.; CHARLO, H. C. D. O.; VARGAS, P. F.; & BRAZ, T. L. Crescimento, acúmulo de nutrientes e produtividade da cultura da couve-flor. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 438-446, 2009.

CATUCHI, T. A.; PERES, V. J. S.; BRESSAN, F. V.; ARANDA, E.; & SILVA, A. Desempenho produtivo da cultura da soja em razão da aplicação ácido húmico e fúlvico na semeadura e via foliar. In: **Colloquium Agrariae**. 2016. p. 36-42. DOI:10.5747/ca.2016.v12.nesp.000168

CORDEIRO, G. G. Qualidade de Água para Fins de Irrigação: conceitos básicos e práticos. **Embrapa Semiárido-Documentos (INFOTECA-E)**, 2001.

COSTA, E.; SILVA, H.; RIBEIRO, P. R. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia biosfera**, v. 9, n. 17, 2013.

DEMARCO, C. F.; AFONSO, T. F.; CECCONELLO, S. T.; SANTOS, N. R. dos; DIESEL, T. N.; CORTEZ, A. X.; ANDREAZZA, R.; & QUADRO, M. S. Determinação de substâncias húmicas em diferentes tipos de compostos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 7, p. 273-279, 2018.

EYHERAGUIBEL, B.; SILVESTRE, J.; MORARD, P. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. **Bioresource Technology**, v. 99, p.4202-4212, 2008. DOI: [10.1016/j.biortech.2007.08.082](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.08.082)

FANG, Z.; WANG, X.; ZHANG, X.; ZHAO, D.; & TAO, J. Effects of fulvic acid on the photosynthetic and physiological characteristics of *Paeonia ostii* under drought stress. **Plant Signaling & Behavior**, v. 15, n. 7, p. 1774714, 2020. DOI: [10.1080/15592324.2020.1774714](https://doi.org/10.1080/15592324.2020.1774714)

FEITOSA, A. G. de S. Modulação da fotossíntese e assimilação do nitrogênio por condições de elevado CO₂ atmosférico em plantas de soja. 2014.

FRASCA, L. L. DE M.; NASCENTE, A. S.; LANNA, A. C.; CARVALHO, M. C. SANTANA; COSTA, G. G. Bioestimulantes no crescimento vegetal e desempenho agrônômico do feijão-comum de ciclo superprecoce. **Agrarian**, v. 13, n. 47, p. 27-41, 2020. DOI: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v13i47.8571>

FREITAS, B. M.; NUNES-SILVA, P. Polinização agrícola e sua importância no Brasil. **Vera Lúcia Imperatriz-Fonseca; Dora Ann Lange Canhos; Denise de Araújo Alves**, p. 103-118, 2012.

GALDINO, A. C. P. Remoção de Ácidos Húmicos de Águas com Fins de Potabilidade Utilizando o Reagente de Fenton Como Pré-Oxidante em Processos de Tratamento de Água. 2016. Tese de Doutorado. PUC-Rio.

GEORGE, W. B. de M. Uva para processamento – nutrientes. **EMBRAPA uva e vinho**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/uva-para-processamento/producao/solo-e-adubacao/nutrientes#:~:text=O%20nutriente%20f%C3%B3sforo%20atua%20como,e%20pelo%20metabolismo%20de%20a%C3%A7%C3%ACares>. Acesso: 28 de jan. de 2024.

GIONGO,V.; FREITAS, M. do S. C. de; FREITAS, R. de C. A. de; FREITAS, A. D. S. de; TAURA, T. A. LEITE, L. F. C. Matéria orgânica do solo em sistemas de produção integrados no Nordeste Brasileiro. **Embrapa Meio-Norte-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2021.

GOUR, T.; SHARMA, A.; LAL, R.; HEIKRUJAM, M.; GUPTA, A.; AGARWAL, L. K.; SILVA, P. K. C.; RAJESH, K. & SHARMA, K. Amelioration of the physio-biochemical responses to salinity stress and computing the primary

germination index components in cauliflower on seed priming. **Heliyon**, v. 9, n. 3, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14403>

HOLMES, A.; BIRSE, L.; JACKSON, J.W.; HOLDEN, N.J. An optimized method for the extraction of bacterial mRNA from plant roots infected with *Escherichia coli* O157:H7. **Front. Microb**, v. 5, p.1–7, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00286>

KANO, C.; SALATA, A. C.; HIGUTI, A. R.; GODOY, A. R.; CARDOSO, A. I. I.; & EVANGELISTA, R. M. Produção e qualidade de couve-flor cultivar Teresópolis Gigante em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 453-457, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000400013>

LÜDTKE, A. C.; DICK, D. P.; MOROSINO, L.; & KRAEMER, V. Productivity of lettuce in greenhouse as affected by humic and fulvic acids application in association to mineral fertilizer. **Horticultura Brasileira**, v. 39, p. 444-450, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20210414>

LUIZ, C. Efeito de polissacarídeos no controle da mancha bacteriana do tomateiro (*Xanthomonas gardneri*) e da podridão negra da couve-flor (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*). 2013. 145 f. Dissertação (Mestrado Recursos Vegetais), Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

MACHADO FILHO, H.; MORAES, C.; BENNATI, P.; RODRIGUES, R. A.; GUILLES, M.; ROCHA, P.; LIMA, A.; & VASCONCELOS, I. Mudança do clima e os impactos na agricultura familiar no Norte e Nordeste do Brasil. 2016.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. **Piracicaba: Potafos**, 1997. 319 p.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 52, de 15 de março de 2021. **Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção e as listas de substâncias e práticas**. Diário Oficial da União, Brasília, 23 mar. 2021. Seção 1, p.10.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 140.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. **3 ed. Austrália: Elsevier**, 2012, 651 p.

NASCIMENTO, P. C.; LANI, J. L.; MENDONÇA, E. S.; ZOFFOLI, H. J. O.; PEIXOTO, H. T. M. Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito Santo. Revista **Brasileira de Ciência do Solo**,

Viçosa, MG, v. 34, n. 1, p. 339-348, 2010. DOI:
<https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000200007>

NEGRELLI, J. G. D.; BOEIRA, V. H. P.; DE ANDRADE, C. O.; CORNIANI, N. J. M.; MORI, J. C.; POLONIO, J. C.; & CONTE, H. BIOESTIMULANTES E SEU PAPEL NA CONSTRUÇÃO DE UM FUTURO SUSTENTÁVEL. **Arquivos do Mudi**, v. 27, n. 2, p. 12-27, 2023. DOI:10.4025/arqmudi.v27i2.67840

OLIVEIRA, L. E. da M. ASSIMILAÇÃO DE ENXOFRE. Universidade Federal de Lavras Departamento de Biologia - DBI / UFLA Setor de Fisiologia Vegetal.

OLIVEIRA, L. L. de P. Influência do sistema de cultivo e manejo do solo nas propriedades físico-químicas e hídricas em cambissolo no semiárido potiguar. 2016.

OLIVEIRA, N. T. de.; SOUSA, M. S. BIOESTIMULANTES À BASE DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS E AMINOÁCIDOS PROMOVEM O AUMENTO DO CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE MILHO. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164200/1/Bioestimulante-s-base.pdf>. Acesso: 12 de jan. de 2024.

PAIVA, M. J. do A. Ação e modo de aplicação dos ácidos húmicos e fúlvicos sobre características morfológicas e fisiológicas de milho. Dissertação - UFV, 2020.

PALADINO, F. G. Desempenho agrônômico e soma térmica da couve-flor" Sharon" sob diferentes telas de sombreamento. TCC- UFMT, 2016.

PAULILO, M. T. S.; VIANA, A. M.; RANDI, Á. M. **Fisiologia vegetal**. CED/LANTEC/UFSC, 2015. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015. 182p.

PEREIRA, T. T. C.; KER, J. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F. D.; NEVES, J. C. L.; & ALMEIDA, C. C. Gênese de Latossolos e Cambissolos desenvolvidos de rochas pelíticas do Grupo Bambuí-Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1283-1295, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400026>

PES, L. Z; ARENHARDT, M. H. FISILOGIA VEGETAL. Santa Maria, RS : Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Rede e-Tec Brasil, 2015. 81 p.

PICCOLO, A. A estrutura supramolecular das substâncias húmicas: uma nova compreensão da química do húmus e suas implicações na ciência do solo. Cambridge, MA, 2002: Academic Press, 57–134. DOI: 10.21577/1984-6835.20190055

PONTES, S. F.; SILVA M, R. R. S.; CORDEIRO, K. V.; OLIVEIRA, S.; M., CARDOSO, J. P. S.; OLIVEIRA, P. S. T.; SILVA, I. A. Utilização de substratos alternativos e substâncias húmicas para produção de mudas de gergelim. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 12, p. 3545, 2021. DOI:10.6008/CBPC2179-6858.2021.002.0005

PRIMO, D. C.; MENEZES, R. C.; SILVA, T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. *Scientia Plena*, v. 7, n. 5, 2011.

PINOS, N. R. Q. Influência das substâncias húmicas de três origens diferentes nos parâmetros morfológicos e bioquímicos da cultura de milho e na colonização micorrízica. 2018.

RIBEIRO, L. G., LOPES, J. C., MARTINS FILHO, S., RAMALHO, S.S. Adubação orgânica na produção de pimentão. *Horticultura Brasileira*, v. 18, p. 134-137, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362000000200012>

ROSA, V. do R. et al. Increased soybean tolerance to water deficiency through biostimulant based on fulvic acids and *Ascophyllum nodosum* (L.) seaweed extract. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 158, p. 228-243, 2021. DOI: 10.1016/j.plaphy.2020.11.008.

SCHNITZLER, F. et al. AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE COUVE-FLORES (BRASSICA OLERACEA VAR. BOTRYTIS), HÍBRIDO SERENA CULTIVADO EM BASE AGROECOLÓGICA. *Salão do Conhecimento*, 2017.

SEABRA JÚNIOR, S.; LALLA, J. G.; GOTO, R.; MARINGONI, A. C.; VILLAS BOAS, R. L.; ROUWS, J. R. C; ORIANI, E. E. Suscetibilidade à podridão negra e produtividade de brócolis em função de doses de nitrogênio e potássio. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 31, n. 3, p. 426-431, 2013. DOI: 10.13083/reveng.v27i5.979

SILVA, A. C.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; DOBBSS, L. B.; AGUIAR, N. O., FRADE, D. Â. R.; & PERES, L. E. P. Promoção do crescimento radicular de plântulas de tomateiro por substâncias húmicas isoladas de turfeiras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n. 5, p. 1609-1617, 2011. DOI: [10.1590/S0100-06832011000500015](https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000500015)

SILVA, A. L.P.; SILVA, A. L.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MENDOZA-CORTEZ, J. W.; & LIMA JUNIOR, J. A.. Potassium fertilization of cauliflower and broccoli in a potassium-rich soil. *Ciencia e investigación agraria*, v. 43, n. 1, p. 151-157, 2016. DOI: [10.4067/S0718-16202016000100014](https://doi.org/10.4067/S0718-16202016000100014)

SILVA, B. A. da. Bioestimulante à base de extrato da alga marinha *Ascophyllum nodosum* e ácidos fúlvicos na tolerância do estresse salino em soja. Dissertação, 2023.

SILVA, E. C. A. Interações entre substâncias húmicas e contaminantes: revisão. 2021. Disponível em: <https://ud10.arapiraca.ufal.br/repositorio/publicacoes/4090>. Acesso: 28/12/2022, horário - 20:30.

SIMPSON, A.J.; KINGERY, W.L.; HAYES, M.H.; SPRAUL, M.; HUMPFER, E.; DVORTSAK, P.; KERSSEBAUM, R.; GODEJOHANN, M.; HOFMANN, M. Molecular structures and associations of humic substances in the terrestrial environment. *Naturwissenschaften*, v.89, n.2, p.84-88, 2002. DOI:[10.1007/s00114-001-0293-8](https://doi.org/10.1007/s00114-001-0293-8)

SOUZA, S. P.; MARANHO, E. F.; ALVES, L. M. B. Métodos de sustentabilidade na produção de alface orgânica. **Revista alomorfia**, v. 2, p. 45-56, 2020.

SUH, H. Y.; YOO, K. S.; SUH, S. G. Effect of foliar application of fulvic acid on plant growth and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 55, p. 455-461, 2014. DOI:[10.1007/s13580-014-0004-y](https://doi.org/10.1007/s13580-014-0004-y)

TAHA, A.; OMAR, M.; GHAZY, M. Effect of Humic and Fulvic Acids on Growth and Yield of Lettuce Plant. **Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering**, v. 7, n. 8, p. 517-522, 2016. DOI:[10.21608/jssae.2016.39782](https://doi.org/10.21608/jssae.2016.39782)

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; & MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6ª edição. Artmed Editora, 2017. Pag. 858.

TAKEISHI, J.; CECÍLIO FILHO, A. B.; OLIVEIRA, P. R. Crescimento e acúmulo de nutrientes em couve-flor Verona". *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 1-10, 2009.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I.; BISSANI, C. A.; CAMARGO, F. A. O.; SIRIO WIETHÖLTER, S. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Porto Alegre. 2015.

TIVELLI, S. W.; MENDES, F.; GOTO, R. Estimativa da área foliar do pimentão cv. Elisa conduzido em ambiente protegido (*Capsicum annum* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 38, 1997, Manaus. Suplementos, Brasília: SOB, 1997.

TREVISAN, S.; FRANCIOSO, O.; QUAGGIOTTI, S.; & NARDI, S. Humic substances biological activity at the plant-soil interface: from environmental aspects to molecular factors. **Plant signaling & behavior**, v. 5, n. 6, p. 635-643, 2010. DOI: [10.4161/psb.5.6.11211](https://doi.org/10.4161/psb.5.6.11211)

YILDIRIM, E., EKINCI, M., TURAN, M., AĞAR, G., DURSUN, A., KUL, R., ALIM, Z.; & ARGİN, S. Humic+ Fulvic acid mitigated Cd adverse effects on plant growth, physiology and biochemical properties of garden

gress. **Scientific reports**, v. 11, n. 1, p. 8040, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86991-9>

ZIMMERLI, L.; HOU, B.H.; TSAI, C.H, *et al.* O xenobiótico ácido betaaminobutírico aumenta a termotolerância da *Arabidopsis*. **Plant J.** , 53 (2008) , pp . 144 – 156.

ZHU, X. G.; LONG, S. P.; & ORT, D. R. (2010). Improving photosynthetic efficiency for greater yield. **Annual review of plant biology**, v. 61, p. 235-261, 2010. DOI: [10.1146/annurev-arplant-042809-112206](https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042809-112206)