Curso de Agronomia Artigo Original

EFEITOS ALELOPÁTICOS DO EXTRATO DE CROTALARIA JUNCEA EM SEMENTES DE ALFACE

ALLELOPATHIC EFFECTS OF CROTALARIA JUNCEA EXTRACT ON LETTUCE SEEDS

Cleia dos Santos Machado[1], Michele Cristina Lang[2]

[1] Estudante do Curso de Agronomia
[2] Professora Mestre do Curso de Agronomia

Resumo: A *Crotalaria juncea* é uma leguminosa adaptada ao clima tropical e subtropical, amplamente estudada como adubo verde, apresenta ótima capacidade de disponibilização de matéria orgânica e ciclagem de nitrogênio. A alelopatia é uma das principais características estudadas e os seus possíveis efeitos na germinação de sementes e população de plantas. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de extratos vegetais de *Crotalaria juncea* em diferentes doses sobre a germinação da cultura da alface. Primeiramente foi realizado a semeadura da Crotálaria e a colheita realizada aos 60 DAS. Para obtenção do extrato, foram trituradas 100 gramas de matéria seca para 1000 ml de água destilada. Após filtragem, a solução ficou em repouso e em seguida foram realizadas as diluições, com 0%; 25%; 50%; 75% e 100%. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, composto por 5 tratamentos e 4 repetições. Foram analisadas a primeira contagem de germinação, porcentagem de germinação; o comprimento da raiz e o comprimento aéreo de plântulas. A análise estatística foi realizada pelo Software SISVAR, onde o teste de F demonstrou variância a 1% para todas as variáveis. Com a análise de regressão foi possível concluir que as diferentes concentrações do extrato de *Crotalária juncea* afetaram negativamente a germinação e o comprimento de raiz. Já o comprimento aéreo de plântulas de sementes de alface crespa foi afetado negativamente nos tratamentos com 50%, 75% e 100% do extrato de *Crotalária juncea* e na primeira contagem de germinação concentrações acima de 25% afetaram negativamente na germinação.

Palavras-chave: Alelopatia; Extratos Vegetais; Inibição.

Abstract: *Crotalaria juncea* is a legume adapted to tropical and subtropical climates, widely studied as a green manure, with excellent capacity for organic matter availability and nitrogen cycling. Allelopathy is one of the main characteristics studied and its possible effects on seed germination and plant population. Thus, the objective of this work was to evaluate the effects of plant extracts of Crotalaria juncea at different doses on the germination of lettuce crop. First, Crotalaria was sown and harvested at 60 DAS. To obtain the extract, 100 grams of dry matter were crushed for 1000 ml of distilled water. After filtering, the solution was left at rest and then dilutions were carried out, with 0%; 25%; 50%; 75% and 100%. The experiment was conducted in a completely randomized design, consisting of 5 treatments and 4 replications. The first germination count, germination percentage; the root length and aerial length of seedlings. Statistical analysis was performed using the SISVAR software, where the F test showed variance at 1% for all variables. With the regression analysis it was possible to conclude that the different concentrations of Crotalaria juncea extract negatively affected germination and root length. On the other hand, the aerial length of seedlings of curly lettuce seeds was negatively affected in the treatments with 50%, 75% and 100% of Crotalaria juncea extract and in the first germination count concentrations above 25% negatively affected germination.

Keywords: Allelopathy; Vegetale Extracts; Inhibition.

Cleia10cleia@gmail.com; michele.lang@cescage.edu.br

1 Introdução

A alface (*Lactuca sativa* L.) pertence à família Asteraceae tem origem asiática e foi trazida para o Brasil pelos portugueses no século XVI. É a hortaliça folhosa mais consumida do país. Comparando com as demais espécies, a alface-crespa é a mais

importante para o consumo, considerando o preço, tem preferência de 70% do mercado. A colheita é realizada depois de 30 dias da semeadura (bandeja) mais 35 dias de cultivo no campo após o transplantio (65 dias de ciclo) em condições de temperaturas amenas. Para temperaturas mais elevadas, mais 32 dias de cultivo (62 dias de ciclo), quando as plantas se apresentam completamente desenvolvidas (EMBRAPA, 2018).

As condições climáticas são fatores importantes para a produtividade desta folhosa, que se adapta melhor em condições de temperaturas amenas, sendo que o ideal ao seu crescimento e desenvolvimento está entre 15,5 e 18,3 °C, embora possa tolerar, por alguns dias, temperaturas entre 26,6 e 29,4 °C, desde que as temperaturas durante à noite sejam baixas (Filgueira, 2013).

A alface se encontra presente na mesa dos brasileiros, quase que diariamente, complementando a refeição. Tem coloração verde-escuro, verde-amarela e roxa. Ela é a hortaliça folhosa mais consumida e a mais importante para a economia mundial. Considerada uma hortaliça que apresenta boas propriedades organolépticas (brilho, aroma, textura e sabor) e nutricionais, baixo valor calórico e elevada quantidade de fibras, minerais (cálcio, ferro, fósforo, magnésio, potássio e sódio e zinco) e vitaminas (vitamina C, tiamina, riboflavina, niacina, vitamina B6, vitamina A, vitamina E, vitamina K e ácido fólico) (USDA, 2018; DIS, 2022, apud FILHO, 2022).

Devido ao fato de que a alface é comercializada para o consumo em saladas frescas, a qualidade visual (tamanho da cabeça, sanidade e cor das folhas) é fundamental para o consumidor; o manejo fitossanitário e de ervas daninhas é sempre uma preocupação recorrente dos agricultores. O cultivo da alface ainda apresenta pouca disponibilidade de herbicidas registrados para o controle das plantas invasoras, e isso faz com que ocorra o aumento da mão de obra para o controle de plantas daninhas. (Fennimore *et al*., 2014 apud Riva *et al*., 2023).

As plantas frequentemente competem por recursos como luz, água e nutrientes, resultando em uma competição contínua entre as espécies que coexistem em uma comunidade. Essa competição desempenha um papel fundamental na sobrevivência e na dinâmica das populações no ecossistema. Como resposta a essa competição, algumas plantas desenvolvem mecanismos de defesa que envolvem a produção de metabólitos secundários. Esses metabólitos são liberados no ambiente e podem interferir em várias etapas do ciclo de vida de outras plantas, afetando sua germinação, crescimento ou reprodução. Esses mecanismos representam estratégias adaptativas que as plantas empregam para maximizar sua própria aptidão em um ambiente competitivo (Alves *et al*.,2004).

Sempre que várias espécies de plantas estão aglomeradas, gerando uma comunidade, há existência de interações positivas e negativas entre ambas, isso ocorre para a manutenção da proliferação de uma ou de outra espécie do meio. Uma dessas interações encontradas em uma comunidade de plantas é a alelopatia, derivada das palavras gregas alleton (mútuo) e pathos (prejuízo), definida primeiramente por Molisch em 1937 tanto pelas interações bioquímicas benéficas como as maléficas entre a flora e incluindo microorganismos (Bedin, 2021).

Para Rice (1984) é a liberação de qualquer um organismo presente no meio, no qual inibe ou estimula o seu crescimento/desenvolvimento, além de poder ocorrer entre microorganismos, microoganismos e plantas, entre plantas cultivadas, entre plantas cultivadas e plantas daninhas e entre plantas daninhas, ou seja, as interações podem ser infinitas no meio ambiente (Pires; Oliveira, 2011).

Este fenômeno pode ser confundido com o fenômeno da competição porque na primeira situação, ocorre a introdução de substâncias químicas no ambiente, a segunda refere-se na remoção do ambiente de fatores de crescimento como luz, água, gás carbônico e nutrientes (Rice, 1984). E ainda existe a possiblidade destes dois fenômenos ocorrerem simultaneamente, caracterizando-se a interferência (Seigler, 1996 apud Oliveira Jr, 2011).

Um dos métodos utilizados na agricultura em que estes fenômenos alelopáticos podem ocorrer é na adubação verde, principalmente, na escolha da espécie utilizada como cobertura. A adubação verde é um método muito importante não somente para a conservação do solo, mas também para a recuperação do solo, além de contribuir com a nutrição das plantas que se beneficiam dela. É uma ferramenta relativamente simples, usada desde há muitos anos, que por um tempo ficou esquecida, mas que retorna à agricultura atual com seus benefícios consolidados, trabalhando para o manejo do solo como um sistema vivo e dinâmico (Abranches *et al*., 2021).

Para Cassol (2020), o sistema de plantio direto em hortaliças (SPDH), é uma nova técnica que vem sendo utilizada para contribuir na diminuição da degradação do solo. Ele define novas estratégias para o consumo consciente dos recursos naturais ao longo do manejo agrícola. Este sistema tem a finalidade de buscar junto aos produtores o desenvolvimento de um sistema que permita recompor a matéria orgânica do solo, ocasionalmente afetada pela atividade fisiológica da planta com a realização da exportação da matéria orgânica, possibilitando, também, redução nos custos de produção (FontanéttI, 2006).

A produção de alface em SPDH é beneficiada pela amenização dos efeitos da estação do verão, redução da incidência de plantas espontâneas, além de mitigar processos erosivos causados pelo revolvimento excessivo do solo (Nicholls *et al*., 2019, apud Lizarelli *et al*., 2022).

A *Crotalária juncea* é uma planta originária da Índia, classificada como leguminosa, apresenta um porte alto (2 a 3 metros), com caule ereto, semilenhoso, ramificado na parte superior. É uma planta anual, de crescimento inicial rápido, com efeito, alelopático e/ou supressor de invasoras bastante expressivo. Quanto ao clima é uma planta de clima tropical e subtropical, não resistindo a geadas, apresentando bom comportamento nos solos argilosos e arenosos (Calegari *et al*., 1993b apud Cruz *et al*., 2021).

Pertencente à família das Fabaceas, a *Crotalária juncea* tem época de plantio mais indicado na primavera e verão, entre setembro e dezembro. Com plantio possível entre setembro a março. O seu ciclo de florescimento é de 135 a 145 dias. Com produção de fitomassa (MV) de 40 a 60 $Mg.ha^{-1}$. Tem tolerância média para solos ácidos, e tolerância a média a alta em solo com baixa fertilidade. Indicada para o consórcio com culturas (sucessão/intercalares): Milho, cebola, fumo, mandioca, trigo, hortaliças e culturas perenes (frutíferas). Pode ser utilizada na rotação de culturas como: Arroz, cana-de-açúcar, feijão, fumo, milho, soja, sorgo, trigo e hortaliças. Apresenta potencial para uso como forrageira e no controle de nematóides (Wildner, *et al*., 2023).

A crotalária tem apresentado a maior produção de matéria seca e os maiores acúmulos dos nutrientes N, P, K, Mg, B, Mn e Zn, sendo, portanto, a espécie mais promissora para o aporte de nutrientes ao solo, advindo da decomposição/mineralização da biomassa (Fontanétti, 2006).

Para Verma *et al*., (2021) a *Crotalária juncea* possui em sua composição compostos alelopáticos dos grupos dos fenóis e terpenos, que atuam diretamente na ruptura de enzimas metabólicas envolvidas na glicólise e via oxidativa das pentoses fosfatos; além disso, os terpenos são principais atuantes na inibição do trifosfato de adenosina (ATP), o que interrompe o metabolismo da planta ao formar um complexo com proteínas. Também, sua presença é verificada por meio da inibição da respiração, principalmente no ensaio conduzido para verificar o desenvolvimento radicular de plântulas de capim – colonião (*Panicum maximum*) em contato com a solução oriunda da germinação da C. juncea, até mesmo não sendo possível avaliar o comprimento das raízes nas maiores densidades testada, já que se encontravam degradadas pela atuação da solução de extratos (HOLANDA, 2022).

A finalidade da utilização desta espécie como cobertura verde objetiva a economia na utilização de produtos químicos para o controle de plantas daninhas, incremento de matéria orgânica no solo, ajudando na sua preservação e ampliação do conhecimento sobre plantio direto de hortaliças para a nossa região, porque em nosso estado ainda o cultivo convencional é o mais difundido (Lizarelli *et al.*, 2024).

Para ampliar o conhecimento e ter mais estudos voltados a utilização desta espécie como cobertura verde, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de extratos vegetais de *Crotalaria juncea* em diferentes doses sobre a germinação da cultura da alface.

2 Material e Métodos

Para a obtenção do extrato vegetal, primeiramente foi realizada a semeadura das sementes de *Crotalaria juncea* na horta da Fazenda Escola do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (CESCAGE). Localizada na cidade de Ponta Grossa, PR, Brasil. O local está posicionado geograficamente a 25° 10’ 31” S e 50° 06’ e 41’’W, com 975 metros de altitude em média. Segundo a Köppen a classificação do clima é Cfb, com temperatura média anual de 18.3 °C. A precipitação média anual é de 1505 mm.

A semeadura foi realizada em 02 de setembro de 2024, a lanço, com uma média de 200 gramas de sementes por metro quadrado. E juntamente com a semeadura foi realizada a adubação orgânica de esterco de ovinos curtido e seco, com média de 3 Kg por metro quadrado.

As referências climáticas e as características físico-químicas do solo são: pH: 6; H+Al: 21,9 mmolc/dm^3; Al: 0 mmolc/dm^3; Ca: 45 mmolc/dm^3; Mg: 28 mmolc/dm^3; K: 6 mmolc/dm^3; SB: 79 mmolc/dm^3 mmolc/dm^3; CTC: 100,7 mmolc/dm^3 e PMehlich: 3,6 mg/dm^3. (INTRPARTNER, 2024).

As médias de temperaturas durante o período de implantação do experimento a campo foram de 13°C de mínima e 23°C de máximas para o mês de setembro de 2024, com 134mm de precipitação. E para o mês de outubro de 2024, as temperaturas médias ficaram as mínimas de 15°C e as máximas de 24°C, com 129mm de precipitação (CLIMATEMPO, 2024).

As plantas foram colhidas aos 60 dias após o plantio (60 DAP). Após serem coletadas, as plantas foram levadas ao laboratório de sementes, foi realizada a limpeza e higienização das mesmas para a retirada de todos os resíduos de solo,

após, as mesmas foram acondicionadas em sacos de papel específico para secagem em estufa por 48 horas a 50° Celsius.

Depois de secas as plantas foram picadas e trituradas, com o auxílio de um liquidificador. Para cada 100 g de matéria seca, foram adicionados 1000 ml de água destilada (solução 10% p/v a frio).

A mistura foi transferida para um Becker de vidro, e ficou 30 minutos em repouso, para evitar a degradação. Após esse tempo de espera, o preparado foi filtrado com o auxílio de papel filtro, para obter a maior concentração, de 100%. O restante do extrato foi diluído em água destilada para se obter as concentrações 25%, 50%, 75% e 100%. O delineamento experimental utilizado foi o DIC (Delineamento Inteiramente Casualizado), composto por 5 diferentes tratamentos com 4 repetições, sendo os tratamentos as concentrações descritas na Tabela 1.

Tabela 1: Descrição dos tratamentos e das concentrações do extrato de *Crotalária juncea* utilizados em sementes de alface.

TRATAMENTOS	**CONCENTRAÇÕES DO EXTRATO DE** *Crotalária juncea*
T1	0%
T2	25%
T3	50%
T4	75%
T5	100%

Fonte: A autora (2024).

Foram adquiridas sementes de Alface Crespa Grand Rapids com lote número: 102255, com 99% de pureza. Para realizar o experimento, foram utilizadas 50 sementes por repetição conforme as orientações descritas no manual de Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

As sementes foram distribuídas nas caixas plásticas Gerbox (11x11x3,5 cm), em cada uma adicionadas 2 folhas de papel germitest, que foram umedecidas com a solução líquida contendo 3 vezes o peso do papel seco para cada uma das repetições dos tratamentos.

Após esses procedimentos, o próximo passo foi distribuir as sementes em cada caixa, sobre o papel umedecido com as devidas concentrações de extrato. Depois desta etapa, as caixas foras colocadas no germinador regulado a 20° Celsius.

As análises realizadas trataram-se da primeira contagem; germinação; comprimento de raízes e comprimento de parte aérea.

As avaliações foram realizadas os quatro e aos sete dias após a semeadura (DAS) para alface de acordo com os critérios estabelecidos no manual de Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

2.1 Teste de Germinação

Para cada repetição dos tratamentos foram utilizadas 50 sementes de alface, que foram distribuídas sobre duas folhas de papel umedecido com quantidade de

água equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco, acondicionadas em caixas plásticas do tipo gerbox e mantidas em germinador a 20°C.

A primeira contagem das plântulas normais foi realizada aos 4 (quatro) dias após o início do teste. Nesta etapa foi realizada a contagem de sementes germinadas por cada repetição. Os resultados das médias foram expressos em porcentagem de germinação.

A segunda contagem ocorreu aos 7 (sete) dias após o início do teste, segundo os critérios do Manual de Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados dos testes de germinação foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

2.2 Comprimento de plântulas

Foram utilizadas as plantas do teste de germinação, em que se realizou a seleção 10 (dez) plântulas aleatoriamente de cada uma das parcelas (gerbox). As medições aconteceram com o auxílio da régua graduada em milímetros, para medir da parte aérea até a parte radicular das plântulas normais. Os resultados das médias obtidas foram apesentados em centímetros médio de cada tratamento.

2.3 Comprimento radicular

Para este teste utilizou-se as mesmas plântulas já avaliadas no teste de comprimento total. Nesta avaliação foram medidos o comprimento da raiz, com a régua graduada, desde a base do hipocótilo até o final da raiz primária (Nakagawa,1999).

Os resultados adquiridos foram em centímetros médio, para as plântulas normais em cada um dos tratamentos.

Para a análise de todos os dados obtidos no experimento realizou-se a análise de variância no programa SISVAR por meio do Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Para a obtenção das análises de regressão foi utilizado o programa de software SIGMA PLOT.

3 Resultados e discussão

Após a realização de todos os procedimentos para a análise de germinação de sementes de alface, em diferentes doses de concentrações do extrato da espécie *Crotalária juncea,* os resultados coletados foram testados por análise de variância. E após todas as análises realizadas, encontrou-se os resultados apresentados a seguir.

3.1 Primeira contagem

Na primeira contagem do teste de germinação, após a análise de variância, é possível observar que o resultado é significativo para os diferentes tratamentos. A Tabela 2, apresenta a análise de variância da porcentagem de germinação em relação as diferentes doses de concentração do extrato vegetal.

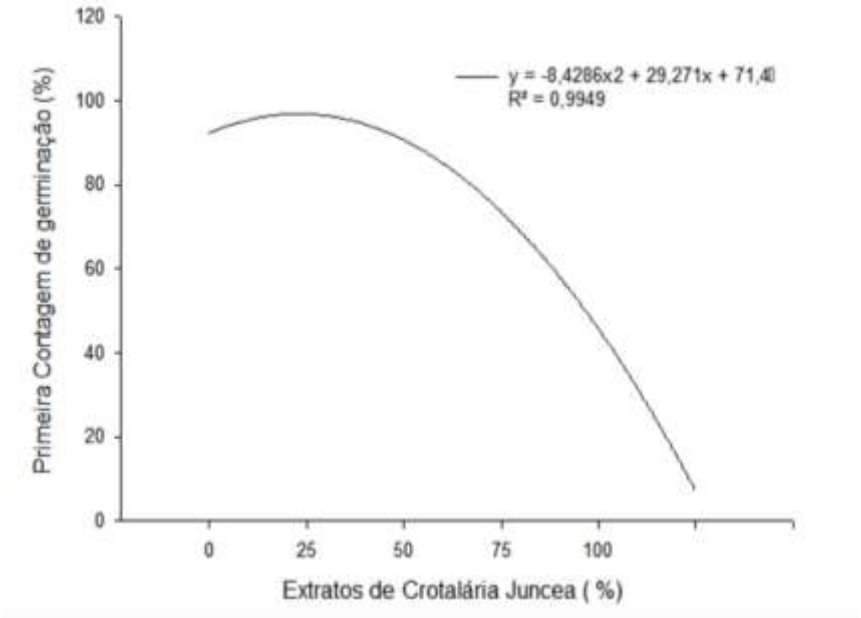
Tabela 2 – Análise de variância para efeitos principais e interações de Germinação (%) aos 4 dias após a implantação do experimento.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr >FC
Concentração	4	22240,00	5560,00	130,516**	4,893
Resíduo	15	639,00	42,60		
Total corrigido	19	22879,00			
CV (%) =	9,81				

**significativo a 1% de probabilidade.
Fonte: A autora (2024).

A primeira contagem de germinação (%) apresentou os dados dos efeitos de redução em relação ao aumento das doses crescentes do extrato acima de18,75%. O Gráfico 1 apresenta a linha de tendência, em que a resposta dos dados foi obtida por uma função polinomial cúbica.

Gráfico 1 – Gráfico de regressão não linear polinomial cúbica para a primeira contagem de germinação



Fonte: A autora (2024).

Analisando os dados apresentados no Gráfico 1 para as repostas da primeira contagem de sementes de alface, observa-se os valores resultantes da fórmula matemática de regressão não linear polinomial cúbica dada por $y = - 8,4286 x^2 + 29,271x + 71,40$ e $R^2 = 0,9949$. Onde X, refere-se às porcentagens de extratos de *Crotalária juncea e Y* a Primeira contagem de germinação *(%).*

Os valores corrigidos das porcentagens médias encontradas por tratamento são: 92% para o tratamento 1(testemunha); 96,22 % para o tratamento 2(25% de

concentração); 83,35% para o tratamento 3(50% de concentração); 53,63% para o tratamento 4(75% de concentração e 7,04% para o tratamento 5(100% de concentração).

O máximo de incremento em germinação na primeira contagem, dado pelo modelo matemático da regressão não linear, foi com 18,75% do extrato e 96,8125% das plantas germinadas aos 4 dias.

A partir destes valores é possível observar que o tratamento 1 apresentou resultados 4,22% da germinação abaixo do tratamento 2. Seguindo para o tratamento 3 que resultou em valores de 6,65% a menos do que o da testemunha. O tratamento 4 revelou números 38,37% abaixo dos valores do tratamento controle. E por fim, o tratamento 5 mostrou valores 82,96% menores do que a germinação da testemunha.

Nesta avaliação o tratamento 2 (25% de concentração) foi mais expressivo. É possível inferir que conforme ocorre o amento da concentração do extrato, a geminação apresenta resposta decrescente.

Um importante aspecto na pesquisa em alelopatia é a identificação de compostos aleloquímicos envolvidos nas interações planta-planta e seus possíveis mecanismos de ação. Os mecanismos de ação das plantas podem ocorrer através da respiração, síntese de proteínas, permeabilidade da membrana celular e atividade enzimática. Os efeitos dos aleloquímicos podem agir como inibidores da germinação ou crescimento, e também podem agir como promotores de crescimento (POVH *et al*., 2007).

A *Crotalaria juncea* apresenta compostos fitoquímicos importantes na sua composição, entre eles, estão presentes aminoácidos, nucleotídeos como a guanosina, substâncias contendo fenilalamina, flavonóides, alcalóides, e derivados de ácido hidroxicâmico. (FEITOSA et al., 2023).

Esses compostos interagem na fisiologia das sementes, inibindo a germinação das mesmas. A alface, assim como outras espécies não são capazes de emergir, principalmente quando se tem altas concentrações de extratos de crotalária. Isso corrobora com estudos realizadas utilizando a *Crotalária juncea* como espécie de cobertura no controle de plantas daninhas. Em estudos com espécies de invasoras como Capim-colonião (*Panicum maximum*) e capim-braquiária (*Urochloa decumbens*), no plantio de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp), o extrato de C. *juncea* aos 33 DAS reduziu significativamente a germinação destas espécies. (ALVES, 2021).

Os estudos fitoquímicos de diversas espécies deste gênero têm permitido identificar, isolar e caracterizar um grande número de metabólitos secundários, dentre eles vários tipos de alcalóides, como os quinolidizínicos e os pirrolizidínicos, além de aminas, flavonóides, polissacarídeos, chalconas, taninos condensados e catéquicos, lectinas e dentre outras substâncias, como inibidores de proteases, além de estudar seus possíveis efeitos farmacológicos (WINK; MOHAMED, 2003 apud PACHECO, 2010).

Os estudos dos mecanismos de ação dos compostos químicos da Crotalária são descritos, até o momento, em estudos farmacológicos. Onde são testados e relatados os efeitos benéficos ou de sua toxicidade em animais e seres humanos. Para as espécies vegetais que entrarão em contato com os metabólicos secundários da Crotalária, o mecanismo de ação ocorre quando a semente inicia o processo de germinação. Na fase de embebição a semente de alface vai entumecer e absorver água, neste caso o extrato diluído no solo. Que por sua vez vai carrear os compostos

químicos, que irão, por sua vez afetar a germinação. Quanto maior for a disponibilidade deste extrato disponível, menor será a germinação da semente exposta.

3.2 Germinação

Na contagem final do teste de germinação, pode-se se observar que os tratamentos avaliados foram significativos a 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 3).

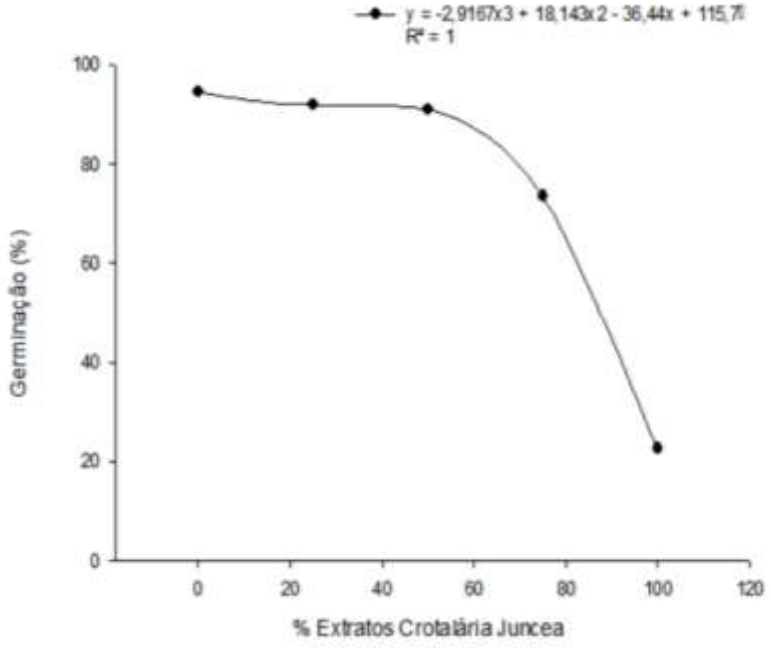
Tabela 3 – Análise de variância para efeitos principais e interações de Germinação (%) aos 7 dias após a implantação do experimento.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr >FC
Concentração	4	14733,20	3683,30	64,169**	4,893
Erro	15	861,00	57,40		
Total corrigido	19	15594,20			
CV (%) =	10,14				

** = significativo a 1 % de probabilidade.
Fonte: A autora (2024).

Os dados apresentados no Gráfico 2 mostram os valores das médias da germinação. Dada a fórmula matemática de regressão não linear polinomial cúbica em que $y = -2{,}9167x^3 + 18{,}143x^2 - 36{,}44x + 115{,}7$ e $R^2 = 1$. Onde X, refere-se às porcentagens de extratos de *Crotalária juncea e Y* a germinação *(%)*.

Gráfico 2 – Gráfico de regressão cúbica para taxa de germinação.



Fonte: A autora (2024).

Os valores corrigidos das porcentagens médias encontradas por tratamento são: 94,48% para o tratamento 1(testemunha); 92,06 % para o tratamento 2(25% de concentração); 90,91% para o tratamento 3(50% de concentração); 73,55% para o tratamento 4(75% de concentração e 22,48% para o tratamento 5(100% de concentração).

É possível avaliar que o tratamento 2 apresentou resultados 2,42% abaixo dos valores da testemunha. Já o tratamento 3 que resultou em 3,57% a menos que o da testemunha. O tratamento 4 revelou números 20,93% abaixo dos valores do tratamento controle. E por fim, o tratamento 5 mostrou valores 72% menores do que os números da testemunha.

Nesta avaliação, o tratamento 1(0% de concentração) foi mais expressivo, obtendo o máximo de germinação 94,48%.

As respostas da porcentagem da germinação sob diferentes doses de concentração do extrato vegetal de *Crotalária juncea*, foram semelhantes aos resultados encontrados por Arruda (2022) testando diferentes concentrações (0, 25, 50 e 100%) na germinação de sementes de tomate (*Solanun lycopersicum*). Quanto ao efeito isolado do fator concentração de extrato de Crotálaria, observou-se redução da germinação e do crescimento de plântulas de tomate em todas as concentrações utilizadas, comparativamente a testemunha, com efeitos alelopáticos mais expressivos na concentração de 100%, com uma redução de aproximadamente 15%.

Os resultados corroboram com o estudo de Nunes *et.al*, (2014), em que o aumento da concentração de extrato (0%; 12,5%; 25%; 50% e 100%) de *Crotalária juncea* influenciou negativamente na germinação de sementes de alface.

A menor taxa de germinação ocorreu na maior concentração do extrato. Esse resultado apresenta o mesmo comportamento do estudo realizado por Cruz *et.al*., (2021), que realizou o seu experimento com 0%; 25%; 50%; 75% e 100% de concentração de extratos de *Crotalaria juncea em* sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), milho (*Zea mays* L.) e quinoa (*Chenopodium quinoa*). Veirificou-se uma redução de 65% na germinação de sementes de *Chenopodium quinoa* na concentração de 100% de extrato da espécie de estudo em comum.

A resposta para a redução da germinação em diferentes concentrações está no fato de que o extrato da *Crotalária juncea* exerceu o seu poder alelopático inibindo assim, o desenvolvimento inicial das sementes de alface.

3.3 Comprimento da Raiz

As diferentes concentrações do extrato afetaram as respostas para o crescimento da raiz, conforme apresentado na tabela 4.

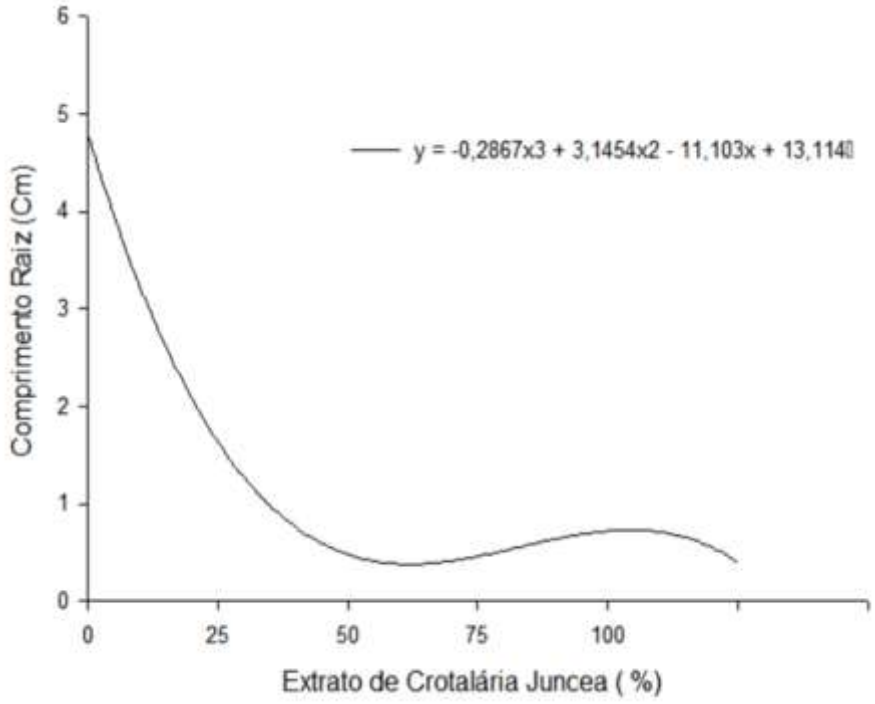
Tabela 4 – Análise de variância para efeitos principais e interações de comprimento da raiz de plântulas de alface.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr >FC
Concentração	4	59,099480	14,774870	79,893**	4,893
Resíduo	15	0,901800	0,060120		
Total corrigido	19	60,001280			
CV (%) =	16,30				

** significativo a 1% de probabilidade.
Fonte: A autora (2024).

O Gráfico 3 mostra os resultados encontrados após os cálculos de regressão para a análise do comprimento médios das raízes de plântulas de alface.

Gráfico 3 – Gráfico de regressão cúbica do comprimento (cm) da raiz de plântulas de alface.



Fonte: A autora (2024).

A função que representa os números encontrados foi representada pela equação polinomial cúbica não linear: $y = -0,2867x^3 + 3,1454x^2 - 11,103x + 13,114$ e $R^2 = 0,988$. Onde X, refere-se às porcentagens de extratos de *Crotalária juncea e Y o* comprimento de raiz.

Os valores corrigidos do comprimento médio encontrados por tratamento são: 4,79 cm para o tratamento 1(0% de concentração); 1,19 cm para o tratamento 2(25% de concentração); 0,38 cm para o tratamento 3(50% de concentração); 0,68 cm para o tratamento 4(75% de concentração) e 0,4 cm para o tratamento 5(100% de concentração).

É possível avaliar que o tratamento 1 apresentou resultados mais elevados para as médias de comprimento de raiz. O tratamento 2 revelou 3,6 cm abaixo dos valores da testemunha. Já o tratamento 3 que resultou em 4,41 cm a menos que o do tratamento controle. Em seguida o tratamento 4 revelou 4,11 cm menor que o os valores da testemunha. E finalmente, o tratamento 5 mostrou 4,39 cm abaixo do tratamento 1.

Nesta avaliação o tratamento 1(0% de concentração) foi mais expressivo, sendo o ponto 0 (zero) o ponto máximo do extrato. Resultados semelhantes foram relatados por Arruda (2022), em seu trabalho com sementes de tomate (*Solanum* lycopersicum), onde a maior concentração (100%) de extrato de *Crotalária juncea* afetou negativamente as médias de crescimento das raízes em mais de 48% e comprimento em relação a testemunha.

Os resultados dos ensaios de De Conti (2011) também indicou redução de comprimento radicular de sementes de alface em relação ao aumento da dos extratos de Guaçatonga (*Casearia sylvestris* Sw), principalmente com doses de 100%.

O comprimento radicular apresentou redução com o aumento da aplicação dos extratos de 0, 25, 50, 75 e 100% de *Crotalaria juncea* em sementes de manjericão (*Ocimum basilicum*). Os menores comprimentos de raiz foram observados na concentração de 25% do extrato por infusão e 50% no método por maceração. Nas concentrações de 75 e 100% não foram detectadas a presença de plântulas normais para em relação ao tratamento controle (De Moraes Gomes, 2020).

3.4 Comprimento aéreo de plântulas

Em relação a variância do comprimento aéreo de plântulas da alface (*Lactuca sativa*) os tratamentos foram significativos a 5% pelo teste de Tukey como pode ser observado na Tabela 4.

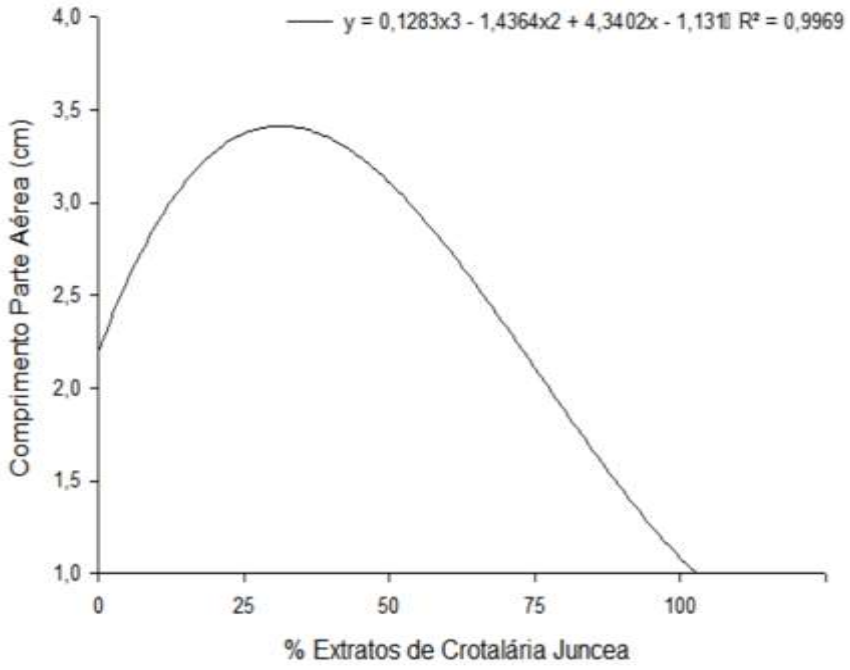
Tabela 5 – Análise de variância para efeitos principais e interações de comprimento aéreo de plântulas.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr >FC
Concentração	4	16,117920	4,029480	141,783**	4,983
Resíduo	15	0,426300	0,028420		
Total corrigido	19	16,544220			
CV (%) =	8,57				

** significativo a 1% de probabilidade.
Fonte: A autora (2024).

O Gráfico 4 apresenta os valores médios encontrados para o comprimento aéreo de plântulas (cm) em relação as concentrações de extratos vegetais (%).

Gráfico 4 – Gráfico de regressão cúbica do comprimento de parte aérea de plântulas.



Fonte: A autora (2024).

A partir da observação do gráfico, onde os resultados obtidos dos valores médios para o comprimento aéreo de plântulas foram definidos pela função polinomial cúbica não linear: $y = 0,1283x^3 - 1,4364x^2 + 4,3402x - 1,131$ e $R^2 = 0,9969$. Onde X, refere-se às porcentagens de extratos de *Crotalária juncea e Y o* comprimento da parte aérea.

Os valores corrigidos das médias do comprimento da parte aérea de plântulas de alface, descritos por tratamento são: 2,19 cm para o tratamento 1 (0% de concentração); 3,41 cm para o tratamento 2 (25% de concentração); 2,66 cm para o tratamento 3 (50% de concentração); 1,31 cm para o tratamento 4 (75% de concentração) e 0,74 cm para o tratamento 5 (100% de concentração).

É possível avaliar que o tratamento 2 apresentou resultados mais elevados para as médias de comprimento aéreo, com 1,22 cm maiores que as médias da testemunha. O tratamento 3 revelou 0,47 cm de média a mais que os valores médios do tratamento controle. Já o tratamento 4, que resultou em 0,88 cm a menos do que o tratamento 1. E finalizando, o tratamento 5 se mostrou 1,45 cm maiores que os valores médios da parte aérea da testemunha.

Nesta avaliação, o tratamento 2 (25% de concentração) foi mais expressivo. O ponto máximo da equação se dá por: 31,25% do extrato por 3,2416 cm de comprimento da parte aérea.

O quinto tratamento (100% de extrato) evidencia a menor evolução para o crescimento da parte aérea de plântulas de alface. Sendo que este apresentou os menores valores, nas médias, em centímetros aéreos de plântulas. Ficando assim, as

médias do comprimento aéreo de plântulas 66,21 % abaixo dos resultados do tratamento controle, e com 78,29 % abaixo do tratamento destaque (25%).

Os testes realizados por Cruz *et al.,* (2021), da mesma forma, apresentam resultados semelhantes para a redução significativa do comprimento aéreo de plântulas, na concentração a 100% de extrato de *Crotalaria juncea* para as sementes de *Vigna unguiculata* e *Chenopodium quinoa*.

Quanto ao efeito isolado do fator concentração de extrato de Crotalaria, observou-se redução da germinação e do crescimento de plântulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) em todas as concentrações utilizadas, comparativamente a testemunha, com efeitos alelopáticos mais expressivos na concentração de 100%, com uma redução de aproximadamente 15% em estudos com diferentes concentrações de extrato de Crotalaria e Milheto em sementes de tomate (ARRUDA,2022).

As altas concentrações do extrato de *Crotalária juncea* inibiram a germinação e os demais parâmetros analisados. O fato das altas concentrações de extratos indicarem maiores concentrações dos compostos aleloquímicos é corroborado por Taiz e Zeiger (2013), onde os autores apontam que os compostos fenólicos vegetais constituem um grupo quimicamente heterogêneo, sendo que a maioria é solúvel em água e ocorrem na forma de glicosídeos. Eles são originados pela via do ácido chiquímico e acumulam-se nos vacúolos das células vegetais. Inibindo assim a atividade regular fisiológica da espécie receptora.

4 Conclusão

As diferentes concentrações do extrato de *Crotalária juncea* afetaram negativamente a germinação e o comprimento de raiz. Já o comprimento aéreo de plântulas de sementes de alface crespa foi afetado negativamente nos tratamentos com 50%, 75% e 100% do extrato de *Crotalária juncea* e na primeira contagem de germinação doses acima de 25% afetaram negativamente na germinação.

Agradecimentos

Primeiramente a DEUS, aos meus pais que já não estão mais entre nós, aos meus amigos que sempre me incentivaram a estudar e a crescer e também agradeço as orientações da professora Michele na elaboração deste trabalho.

Referências

ABRANCHES, M. de O.; SILVA, G. A. M. da; SANTOS, L. C. dos; PEREIRA, L. F.; FREITAS, G. B. de. Contribution of green fertilization to the chemical, physical and biological characteristics of the soil and its influence on the nutrition of vegetables. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 7, p. e7410716351, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i7.16351. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16351. Acesso em: 15 dec. 2024.

ALVES, Gabriela Mendes. **Potencial alelopático de Crotalaria juncea no controle de plantas daninhas da cultura da cana-de-açúcar (Saccharum spp.)**. Jaboticabal, 2021.

ALVES, M.C.S; FILHO, S.M; INNECCO, R; TORRES,S.B. Alelopatia de extratos voláteis na germinação de sementes e no comprimento da raiz de alface. **Pesq. agropec. bras,** Brasília. v.39, n.11, p.1083-1086, 2004.

ARRUDA, A.G.M.; SILVA, V.N.; ALVES, P.R.L. Alelopatia de milheto e crotalária na germinação de sementes de alface. **Revista Ciência**, Tecnologia & Ambiente, vol. 12, 2022.

ARRUDA, Aline Glecia Moreira de; SILVA, Vanessa Neumann. Efeito alelopático de extratos de Crotalaria e Milheto em sementes de tomate. **Revista Fitos**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 4, p. 456–464, dez. 2022.

BEDIM, F., & NEUMANN SILVA, V. Potencial fisiológico de sementes de pimentão condicionadas com diferentes doses de ácido salicílico. **Acta Biológica Catarinense**, 9(3), 23–32. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília : Mapa/ACS, 2009. 399 p.

CLIMATEMPO. Médias de Temperatura e Pluviosidade. Disponível em: https://www.climatempo.com.br/climatologia/279/pontagrossa-pr. Acesso em 23 de nov de 2024.

CRUZ, A. C. da R., CRUZ, T. S. da, REIS, T. C., STOLBEN, E. M., & COCOZZA, F. D. M. Avaliação do efeito alelopático de diferentes dosagens de extratos vegetais de Crotalaria Juncea. **Brazilian Journal of Development,** 7(4), 40869–40881. 2021.

DE CONTI, D.; FRANCO, E.T.H. Efeito alelopático de extratos aquosos de Casearia sylvestris Sw. na germinação e no crescimento de Lactuca sativa L. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.17, n.2-4, p.193-203, 2011.

DE MORAES GOMES, Marli; DE SOUZA, José Roberto Pinto; DE OLIVEIRA, Eli Carlos. Extrato aquoso de Crotalaria juncea sobre a germinação e o crescimento inicial de Ocimum basilicum. **Rev Bras Plantas Med/Braz J Med Plants**, v. 22, p. 25-34, 2020.

FEITOSA, Jeniffer Gomes *et al*. Preparação e caracterização química de extratos brutos de Crotalaria juncea e Crotalaria ochroleuca. In: ENCONTRO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA EMBRAPA AGROENERGIA, 7., 2023, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: Embrapa, 2023. p. 231.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. Ed. Viçosa: Editora UFV, 2013. 421p. Bibliografia: p. 402. ISBN: 9788572693134

FILHO, Terio da Silva Ferreira. **Nutrição organomineral de hortaliças (alface e rúcula): uma revisão de literatura**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Campus Rio Verde – Goiás, 2022. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/2512. Acesso em 12 de abril de 2024.

FONTANÉTTI A; CARVALHO GJ; GOMESLAA; ALMEIDA K; MORAES SRG; TEIXEIRA CM. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**. 24: 146-150, 2006.

HOLANDA, Izabela Rosseto de. **Potencial alelopático da Crotalaria spp. no controle de Panicum maximum**. Unesp. Jaboticabal – SP, 2022.

INTERPARTNER. **Laboratório de Análises Ambientais** – Ponta Grossa –PR. 2024.

INSTRUÇÕES TÉCNICAS (EMBRAPA SEMIÁRIDO. ONLINE). Petrolina: Empresa Brasileira de Agropecuária. (**EMBRAPA**), 2018.

LIZARELLI, H. F., LIMA, C. S. M., LEANDRINI, J. A., SANTOS, D. D. S., OLIVEIRA, R. D. J.; NEGRELLI, W. S. (2022). Caracterização agronômica da produção de alface em sistema de plantio direto de hortaliças orgânico em Laranjeiras do Sul, PR, Brasil. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, 23(2), 203-212.

LIZARELLI, H.F.; SANTOS, D.S.; CHIMILOSKI, A.; OCTAVEUS, M.; LIMA, C.S.M. e LEANDRINI, J.A. Custos de implantação de alface em sistema de plantio direto de hortaliças em Laranjeiras do Sul, Paraná. **Revista Verde**. ISSN 1981-8203. Pombal-PB, Brasil. v. 19, n. 1, jan.-mar., p. 07-14, 2024.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas**. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, p.2.1-2.24, 1999.

NUNES, JVD; MELO, D; NÓBREGA LHP; LOURES, NTP; SOSA, DEF. Atividade alelopática de extratos de plantas de cobertura sobre soja, pepino e alface. **Rev Caatinga**. 2014; 27(1): 122 -130. Disponívem em: [https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2990/pdf_94].

OLIVEIRA JR, RS de; CONSTANTIN, Jamil; INOUE, Miriam Hiroko. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, p. 141-192, 2011.

PACHECO, J. S, SILVA-LOPEZ, R. E. S. Genus Crotalaria L. (Leguminoseae). FIOCRUZ. Rio de Janeiro, RJ. **Revista Fitos**. Vol.5 Nº03 Setembro 2010.

PIRES, N. de M.; OLIVEIRA, V. R. Alelopatia. In: OLIVEIRA JUNIOR, Rubem Silvério de; CONSTANTIN, Jamil; INQUE, Miriam Hiroko. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 95-124.

POVH, Juliana Aparecida. PINTO, Daniela Dias. CORRÊA, Maria Oliveira Gaspar. ONO, Elizabeth Orika. Atividade alelopática de Machaerium acutifolium Vog. na germinação de Lactuca sativa L. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, supl.2, jul.2007, p.447-449.

RICE, E.L., Allelopathy. 2a edição. New York, EUA: Academic Press, 1984. 422 p.In: OLIVEIRA JR, RS de; CONSTANTIN, Jamil; INOUE, Miriam Hiroko. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, p. 141-192, 2011.

RIVA, NB; BIFFE, DF; NALIN, D; MENDES, RR; FERREIRA, LAI; SILVA, VFV; CONSTANTIN, J. Weed interference periods in lettuce crop. **Horticultura Brasileira**. v.41, 2023, elocation e2566. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-2023-e2566

TAIZ L, ZEIGER E. **Fisiologia vegetal**. 5.Ed. Porto Alegre: ArtMed 954p. 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artemed, 2017. 858 p.

USDA – US Department of Agriculture. (2018). Vegetables Annual Summary. In: FILHO, Terio da Silva Ferreira. **Nutrição organomineral de hortaliças (alface e rúcula): uma revisão de literatura**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Campus Rio Verde – Goiás, 2022.

WILDNER, L.P.; MORALES, R.G.F.; JUSTEN, J.G.K.; KRUNVALD, L. **Plantas para adubação verde e cobertura do solo: Caracterização das espécies e informações para cultivo no estado de Santa Catarina**. Florianópolis, SC: Epagri, 2023. 140p. (Epagri. Documentos, 360).