

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CÂMPUS DOIS VIZINHOS
CURSO DE AGRONOMIA

HENRIQUE MINIKOWSKI

**ATIVIDADE ALELOPÁTICA DAS COBERTURAS DE AVEIA-PRETA, QUINOA E
TRIGO-MOURISCO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DAS CULTURAS DE
MILHO E SOJA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

**DOIS VIZINHOS
2020**

HENRIQUE MINIKOWSKI

**ATIVIDADE ALELOPÁTICA DAS COBERTURAS DE AVEIA-PRETA, QUINOA E
TRIGO-MOURISCO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DAS CULTURAS DE
MILHO E SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Agronomia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Valério Dutra de Moraes

DOIS VIZINHOS

2020



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Dois Vizinhos
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação do Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

ATIVIDADE ALELOPÁTICA DAS COBERTURAS DE AVEIA-PRETA, QUINOA E TRIGO-MOURISCO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DAS CULTURAS DE MILHO E SOJA

Por Henrique Minikowski

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 20/08/2020 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO

Prof. Orientador Pedro Valério D. Moraes
UTFPR- Dois Vizinhos

Alessandro Jaquiel Waclawovsky
Coordenador(a) do Curso
UTFPR – Dois Vizinhos

Dalva Paulus
UTFPR- Dois Vizinhos

Angélica Signor Mendes
Responsável pelos Trabalhos de
Conclusão de Curso

Leocádio Ceresoli
UTFPR – Dois Vizinhos

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus, por me dar a saúde, capacidade e discernimento necessário para a realização desse trabalho. Em segundo lugar, mas não menos importante, a meus pais Ivanilde e Eurico Minikowski, pela educação e dedicação recebida, e pelo sacrifício feito durante todos esses anos para conseguir me manter na faculdade, com certeza sem eles isso não seria possível. Agradeço também as minhas irmãs Daiane e Lilian Minikowski pelo apoio.

Ao professor Dr. Pedro Valério Dutra de Moraes, pelas orientações, conselhos, ajudas e ensinamentos durante toda a elaboração do trabalho. Agradeço também a meu grande amigo Gabriel Deparis Marsaro pelas ajudas a campo, me auxiliando durante todo o processo de avaliação.

A Instituição UTFPR que foi nesses anos minha segunda casa, e que me disponibilizou toda a estrutura necessária, junto a sua equipe de professores, invejáveis a qualquer instituição de ensino e pesquisa.

Por fim, a todos que fizeram parte direta ou indiretamente e que não foram citados, meu muito obrigado!

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

MINIKOWSKI, Henrique. Atividade alelopática das coberturas de aveia-preta, quinoa e trigo-mourisco no desenvolvimento inicial das culturas de milho e soja, 2020. 42 f. Trabalhos de Conclusão de Curso II (Graduação em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2020.

A escolha correta das culturas para cobertura do solo no sistema de plantio direto é de extrema importância. Conhecer as espécies e suas características pode definir quais serão as estratégias de manejo e o desempenho das culturas subsequentes. Dentre algumas premissas da utilização de plantas de cobertura estão, proteger o solo de processos erosivos, garantir a ciclagem de nutrientes, reduzir a infestação de plantas daninhas e melhorar o desempenho das culturas a serem implantadas. Dentro desse contexto algumas plantas produzem aleloquímicos, substâncias responsáveis por contribuir ou inibir a germinação, crescimento ou desenvolvimento de outras plantas. O objetivo do trabalho buscou avaliar a existência de atividade alelopática palhada de aveia-preta (*Avena strigosa*), quinoa (*Chenopodium quinoa*) e trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum*) sobre as culturas de soja e milho. Foram realizados dois experimentos alocados em vasos em casa de vegetação, em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), cujos tratamentos foram individualmente: cobertura de aveia-preta, quinoa, trigo-mourisco e solo descoberto (testemunha), cada tratamento com quatro repetições. Avaliaram-se o índice de velocidade de emergência (IVE), porcentagem de germinação, altura de plantas, número de folhas, diâmetro de colmo, massa seca da raiz e massa seca da parte aérea das culturas de verão. Para a cultura do milho a cobertura com aveia-preta foi a que apresentou maior potencial alelopático reduzindo seu IVE, número de plantas emergidas, crescimento de parte aérea e raízes, não sendo adequada sua utilização sem um intervalo mínimo de dias entre sua dessecação e o plantio do milho. Ainda para o milho, tanto a cobertura com quinoa quanto com trigo-mourisco apresentaram bons resultados, sendo superiores em relação ao solo descoberto. Para a cultura da soja, não houve efeitos alelopáticos significativos das plantas de coberturas. Porém notasse a superioridade das coberturas em relação a testemunha (solo descoberto), demonstrando a importância da utilização de cobertura de solo no sistema, e que todas as espécies podem ser utilizadas.

Palavras chave: alelopatia, germinação, crescimento vegetativo, plantas de cobertura.

ABSTRACT

MINIKOWSKI, Henrique. Allelopathic activity of black oat, quinoa and buckwheat coverings in the initial development of corn and soybean crops, 2020. 42 f. Course Completion Works II (Graduation in Agronomy) - Federal Technological University of Paraná. Two Neighbors, 2020.

The correct choice of crops to cover the soil in the no-tillage system is extremely important. Knowing the species and their characteristics can define what will be the management strategies and the performance of subsequent crops. Among some premises for the use of cover crops are protecting the soil from erosion, guaranteeing nutrient cycling, reducing weed infestation and improving the performance of the crops that will be implanted. Within this context, some plants produce allelochemicals, substances responsible for contributing or inhibiting the germination, growth or development of other plants. The objective was to evaluate whether there is allelopathic activity of black oat straw (*Avena strigosa*), quinoa (*Chenopodium quinoa*) and buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) on soybean and corn crops. Two experiments were carried out in pots in a greenhouse, in a completely randomized design (DIC), treatment was carried out: black oat, quinoa, buckwheat and uncovered soil (control) cover, each treatment with four replications. The emergence speed index (IVE), percentage of germination, plant height, number of leaves, stem diameter, dry root weight and dry weight of the aerial part of summer crops were evaluated. For the corn crop, black oat coverage presented the highest allelopathic potential, its IVE, number of emerged plants, growth of aerial part and roots, without its use being necessary without a minimum interval of days between its desiccation and planting. of corn. Still for corn, both the coverage with quinoa and secondary buckwheat had good results, being superior to the bare soil. In relation to the soybean crop, there were no proportional allelopathic effects of the cover crops on it, but the superiority of the coverages in relation to the control (bare soil) was noted, demonstrating the importance of using cover crops in the system and that all species can be used.

Key words: allelopathy, germination, vegetative growth, cover plants.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVOS GERAIS	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3 JUSTIFICATIVA	11
4 REVISÃO DE LITERATURA	12
4.1 SISTEMA DE PLANTIO DIRETO.....	12
4.2 PLANTAS DE COBERTURA.....	12
4.2.1 Aveia-preta (<i>Avena strigosa</i>)	13
4.2.2 Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>)	14
4.2.3 Trigo-Mourisco (<i>Fagopyrum esculentum</i>)	16
4.3 ALELOPATIA.....	17
5 MATERIAL E MÉTODOS	19
5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA AREA EXPERIMENTAL.....	19
5.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	19
5.3 ESTABELECIMENTO DAS PLANTAS DE COBERTURA.....	20
5.4 ESTABELECIMENTO DAS CULTURAS DE VERÃO.....	22
5.5 VARIÁVEIS ANALISADAS.....	25
5.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	27
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6.1 EMERGÊNCIA DE PLANTAS.....	28
6.2 ÍNDICE DE VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA.....	29
6.3 CRESCIMENTO VEGETATIVO DO MILHO.....	31
6.4 CRESCIMENTO VEGETATIVO DA SOJA.....	33
7 CONCLUSÕES	36
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

O setor do agronegócio é sem dúvidas um dos principais geradores de riqueza do país. O PIB brasileiro no ano de 2019 foi aproximadamente de R\$ 7,3 trilhões, onde o mesmo teve participação um pouco maior do que 20% desse total (IBGE, 2019).

Uma das principais fontes de renda do agronegócio são as culturas anuais de verão, cuja produção estimada para a safra 2019/2020 no Brasil é de cerca de 250,5 milhões de toneladas, safra recorde, sendo a cultura da soja o carro chefe responsável por 120,4 milhões, seguida pelo milho com 101 milhões. Essas culturas juntas somam cerca de 88,3 % de toda a produção de grãos do país (CONAB, 2020).

O Brasil é o maior exportador de soja (*Glycine mas L.*) e milho (*Zea mays*) do mundo e tem grandes chances de ocupar o primeiro lugar também na produção da soja nessa safra 2019/2020, superando os EUA, devido a uma maior área plantada e condições climáticas favoráveis (USDA, 2020). No que diz respeito a produção mundial de milho, o Brasil é o terceiro colocado, ficando atrás de EUA e China, embora o país possua vasta área para plantio. Devido os menores preços em relação a outras commodities como a soja na primeira safra, a maior parte do cultivo é feito na segunda safra, onde não encontra as melhores condições climáticas (PEREIRA et al., 2015).

É absolutamente normal a ocorrência de intempéries climáticas na agricultura, porem devemos sempre buscar meios para que os mesmos não sejam tão danosos a ponto de se perder áreas inteiras por déficit hídrico ou por oscilações de temperatura. Uma prática muito eficiente para minimizar os efeitos de intempéries climáticas, é o uso do sistema de plantio direto, uma técnica de cultivo essencial para se alcançar a sustentabilidade da produção.

O sistema de plantio direto é a associação de práticas conservacionistas, onde a mobilização do solo ocorre apenas na linha de semeadura, buscando o intervalo mínimo entre colheita e semeadura, juntamente com a rotação e diversificação de culturas, que possuam abundante produção de massa seca e sistema radicular, onde cereais de inverno e verão se destacam (DENARDIN et al.,2016). Além do uso de plantas de cobertura de solo, em períodos de entre safra, que buscam melhorar a qualidade do solo e deixa-lo menos exposto até a semeadura da próxima safra. Como exemplo de plantas de cobertura mais utilizadas, temos, aveia-preta (*Avena sativa*), nabo-forrageiro (*Raphanus sativus L.*), braquiária (*Brachiaria spp*), ervilhaca (*Vicia craca*), azevém (*Lolium multiflorum*), entre outras.

Muitos são os benefícios das plantas de cobertura, entre eles podemos destacar o eficiente controle de plantas daninhas, cujo manejo ocorre por cobertura do solo constituindo uma barreira física, ou por efeito alelopático. O efeito alelopático ocorre principalmente quando compostos exsudados são eliminados pelas suas raízes, também ocorrendo quando à decomposição da parte aérea, impedindo ou dificultando a emergência das plantas daninhas (MENDES et al., 2018) podendo ocorrer também volatilização e lixiviação desses compostos.

A alelopatia é um assunto que merece mais atenção e estudo. Ela pode ser classificada em autotoxicidade e heterotoxicidade. Na autotoxicidade, uma planta produz substâncias chamadas de aleloquímicos ou metabólitos secundários, que afetam outra da mesma espécie. Na heterotoxicidade ocorre o oposto, é quando a planta produz essas substâncias, mas afetam uma planta de outra espécie. O efeito alelopático pode ocorrer de plantas cultivadas para as plantas daninhas, das plantas cultivadas para as plantas cultivadas que virão na sequência, ou das plantas daninhas para as plantas cultivadas (PIRES et al., 2011). Por isso conhecer os efeitos alelopáticos das diferentes espécies nos ajuda a ter sucesso na escolha das culturas que vamos rotacionar.

Assim esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar a atividade alelopática das plantas de cobertura de aveia-preta (*Avena strigosa*) quinoa (*Chenopodium quinoa*) e trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum*), sobre as culturas de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*), sendo que resultados positivos para o uso das mesmas, pode significar a redução de custos com herbicidas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar os efeitos alelopáticos de aveia-preta, quinoa e trigo-mourisco sobre as culturas de soja e milho.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o efeito das plantas de cobertura sobre o processo de emergência das culturas de verão, ou seja, índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de emergência.

Avaliar o efeito das plantas de cobertura sobre o desenvolvimento inicial das culturas de verão, ou seja, se foram afetadas pela altura de planta, número de folhas, área foliar, diâmetro de colmo, massa verde e seca da raiz e massa verde e seca da parte aérea.

3 JUSTIFICATIVA

O Brasil é um dos maiores produtores de grãos do mundo, representando uma grande responsabilidade econômica e social. Grande parte da sua economia advém da produção de commodities agrícolas, como a soja e o milho, que abastecem tanto o mercado interno como o externo, fazendo girar a cadeia produtiva do agronegócio que é responsável por boa parte da produção de empregos no país, gerando renda e qualidade de vida para milhões de brasileiros. Outro ponto importante é a demanda de alimentos que tende a elevar-se nos próximos anos, seguindo o aumento da população no planeta, por isso devemos sempre estar buscando aprimorar as técnicas de produção, de modo que tenhamos maior eficiência.

O uso de plantas de cobertura em sistema de plantio direto é uma ferramenta essencial, que sem dúvidas traz vários benefícios a este setor, como a conservação das qualidades físicas, químicas e biológicas do solo, bem como a supressão de plantas daninhas, seja ela por barreira física, ou química pela alelopatia.

Dessa forma poderia haver uma diminuição no uso de herbicidas sintéticos, que iriam favorecer o agricultor de forma econômica, reduzindo os custos de produção. Porém os efeitos danosos das plantas de cobertura ocorrentes sobre as plantas daninhas, também podem ser negativos para as culturas. Sendo assim, é necessário realizar estudos e testes sobre os efeitos de diferentes espécies de plantas de cobertura, a fim de se conhecer quais os benefícios ou malefícios que as mesmas podem causar para com as culturas.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

O Plantio Direto teve início no estado do Paraná a pouco mais de 40 anos, devido a necessidade de se conter a intensa erosão de solo que assolava as terras do estado, resultado do modelo de agricultura europeia que exigia muito revolvimento do solo, onde não demorou muito para que a erosão se tornasse um problema.

Pensando nisso alguns produtores saíram em busca de soluções, foi quando em 1972 Herbert Bartz produtor de Rolândia – PR, depois de visitar e ver o sistema na Europa e nos Estados Unidos, deu início em sua propriedade aos primeiros experimentos no Brasil ao qual tornaria a se chamar de Plantio Direto, onde mais tarde evoluiu para a expressão Sistema de Plantio Direto (SPD) que seria uma técnica “made in Brazil” onde teve um desenvolvimento mais apurado e complexo abrangendo a mobilização do solo apenas da linha ou cova de semeadura, manutenção permanente da cobertura do solo e diversificação de espécies via rotação ou consorciação de culturas (MELLO et al., 2015).

A maior barreira encontrada por este sistema é conseguir efetuar a sua mudança em Sistema de Plantio Direto, onde a diversificação de culturas é o ponto chave capaz de converter os sistemas. O problema está ligado com a aceitação do produtor que ainda vê as plantas de cobertura como um cultivo sem retorno.

Entretanto, somente com plantas de cobertura é viável o abandono do preparo de solo, ou seja, em um solo não preparado com aração e gradagem. São as raízes que ficam responsáveis pelo condicionamento do mesmo para os próximos plantios, principalmente o uso de espécies de vasto sistema radicular, destacando-se os cultivos de cereais de inverno e verão (DENARDIN, 2016).

4.2 PLANTAS DE COBERTURA

A utilização das plantas de cobertura é antiga, a cerca de 3000 anos povos chineses, gregos e romanos já as utilizavam com a finalidade de melhorar a qualidade do solo e aumentar a produtividade da cultura que viria na sequência (NEGRINI, 2007).

As plantas de cobertura têm várias finalidades, cobrir o solo para proteção

contra erosão e a lixiviação de nutrientes, uso na alimentação humana ou animal para pastoreio, feno e silagem (LAMAS, 2018).

Algumas espécies possuem a capacidade de reciclar nutrientes, outras como no caso das leguminosas fixam nitrogênio atmosférico. Por esses e outros tantos motivos as plantas de cobertura podem contribuir principalmente na redução de custos de produção com fertilizantes químicos. Além do mais, são responsáveis pelo incremento de matéria orgânica do solo, que é importante para maior retenção de água, disponibilidade de nutrientes e estruturação do mesmo, tendo ligação direta com a capacidade produtiva observando elevados teores de matéria orgânica em solos com elevados rendimentos.

As plantas de cobertura também são importantes aliadas no manejo de plantas daninhas, podendo constituir uma barreira física que impede a emergência das mesmas e inibe a presença de luz, dificultando seu desenvolvimento. Outra forma de controle é o efeito alelopático que por exsudatos eliminados pelas raízes ou parte aérea, impedem a germinação, emergência e crescimento das plantas daninhas (LAMAS, 2017).

Muitas são as espécies utilizadas como plantas de cobertura, entretanto variam de região para região, conforme clima, conforme adaptabilidade a diferentes solos, entre tantos outros fatores, que devem ser observados na escolha da espécie a ser cultivada.

4.2.1 Aveia-preta (*Avena strigosa*)

A aveia-preta é considerada uma gramínea de inverno, cuja a origem é europeia, não sendo muito exigente em solos, porém responde bem a adubação nitrogenada, potássica e fosfatada, não tolerando solos encharcados (CARVALHO; STRACK, 2014).

Possui colmos eretos e cilíndricos e sua inflorescência é do tipo panícula onde os grãos são denominados cariopses. Diversos são os usos da aveia, que pode servir para forragem, produção de grãos ou cobertura de solo. O desenvolvimento da aveia-preta é caracterizado por um rápido crescimento inicial, sendo que se comparada com a aveia-branca e a amarela possui maior capacidade de perfilhamento, maior rusticidade, melhor resistência a seca e menor exigência em fertilidade, também

sendo resistente a pragas como pulgões ou doenças como a ferrugem (Figura 1), (MORAES; LUSTOSA 1988).



Figura 1: Plantas de aveia-preta. Fonte: Google imagens.

O plantio dessa gramínea inicia-se no mês de março e vai até junho em regiões de clima mais ameno, sendo que sua semeadura poderá ser realizada em linha ou a lanço. Quando realizada em linha, recomenda-se utilizar espaçamento de 20 cm, empregando-se em torno de 50 a 90 kg de sementes/ha⁻¹. Se a lanço, será necessário utilizar cerca de 30 a 40% a mais de sementes. A profundidade utilizada para plantio é de 3 a 4 cm. O peso de 1.000 sementes é de 14 a 15 g, tendo potencial produtivo de 8 t. de MS/ha⁻¹, e seu ciclo varia entre 140 a 180 dias (BAIER, 1995).

O potencial alelopático da aveia-preta foi observado por Penha (2010) que encontrou uma redução significativa por essa cobertura, sobre as plantas daninhas de losna-branca (*Parthenium hysterophorus*), apaga-fogo (*Alternathera tenella*) e caruru (*Amarantus spp*). Hagemann (2010) também verificou que o uso de extratos da parte aérea de aveia-preta reduziu a germinação e o crescimento do hipocótilo e da radícula do leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e do azevém (*Lolium multiflorum*).

A cobertura de solo com aveia-preta é muito utilizada a vários anos, apresentando ótimos resultados e aceitação por parte dos produtores, sendo ela o parâmetro para avaliar as demais espécies que serão utilizadas neste trabalho.

4.2.2 Quinoa (*Chenopodium quinoa*)

A *Chenopodium quinoa* é uma planta da classe das dicotiledôneas e subclasse

angiosperma, anual, originária dos Andes, pertencente à família das Chenopodiaceas. Tem vários usos econômicos, como a alimentação humana, onde sua farinha tem alto valor nutricional, rica em aminoácidos essenciais, carboidratos e vitaminas. Podendo também ser utilizada para alimentação animal e para a cobertura de solo (SPEHAR; SANTOS, 2002).

No Brasil, seu cultivo iniciou na década de 1990 no Cerrado, em busca de diversificar a produção para cultivos na safrinha e pela quantidade de biomassa que produz, tem grande potencial como cobertura de solo (SPEHAR, 2003).

Por apresentar sementes pequenas não necessita de grandes quantidades para semeadura, utilizando-se entorno de 5 a 10 kg/ha⁻¹, dependendo do sistema, em sulco ou a lanço, plantada na profundidade de 1 a 2 cm. O tamanho e cores das sementes são variáveis, podendo ser pretas, vermelhas, amarelas e brancas (Figura 2), (RISI; GALWEY, 1984).



Figura 2: Plantas de quinoa.

Fonte: Google imagens.

É classificada como uma planta de dias curtos e pode ser plantada em qualquer época do ano dependendo da finalidade que se deseja, em plantios de safrinha e inverno tem-se melhor produção de grãos, já para a produção de forragem indica-se a semeadura no verão, podendo produzir até 10 ton/ha⁻¹, tolera solos com pH entre 4,8 a 9,5 e também resistente à geada (JACOBSEN et al., 2005).

Possui sistema radicular pivotante, bem desenvolvido, profundo e ramificado, que penetra a até 1,5 m abaixo da superfície, protegendo a planta contra estiagens. As folhas apresentam polimorfismo, as superiores são lanceoladas enquanto que as

inferiores são romboidais. A planta apresenta uma estatura média de 180 cm, sendo a inflorescência uma panícula, de 15 a 70 cm de comprimento, que se origina no topo da planta e nas axilas das folhas inferiores (BHARGAVA, 2006).

A quinoa pode ser classificada de acordo com a maturidade fisiológica em ciclo tardio, se mais de 180 dias, semitardio, de 150 a 180 dias, semiprecoces, de 130 a 150 dias, e precoces, menos de 130 dias (VASCONCELOS et al., 2012). É uma cultura tolerante à seca, possuindo baixa necessidade hídrica, embora o rendimento seja significativamente afetado pela irrigação, porém em excesso causa acamamento e tombamento (OELTKE et al., 1992).

Em relação a alelopatia da quinoa, em estudos realizados em 24 variedades de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa*), encontrou-se vários compostos alelopáticos, como compostos fenólicos e flavonóides (VALENCIA et al., 2017).

4.2.3 Trigo-Mourisco (*Fagopyrum esculentum*)

O trigo-mourisco ou sarraceno é originário da Ásia central, introduzido no Brasil no início da década de 1920 por imigrantes poloneses, russos e alemães, sendo utilizado como alimento (PACE, 1964).

É uma planta dicotiledônea pertencente à família Polygonaceae, sem qualquer parentesco com o trigo comum (*Triticum aestivum* L.) que pertence à família das gramíneas e é uma monocotiledônea. É uma cultura anual de ciclo curto se comparada com outras, variando entre 85 a 95 dias do plantio a colheita, considerada uma planta de triplo propósito, podendo ser utilizada para obtenção de grãos, forragem ou como planta de cobertura nos meses de outono-inverno (Figura 3), (GORGEN, 2013).



Figura 3: Plantas de trigo-mourisco. Fonte: Google imagens.

O trigo-mourisco é considerado um alimento funcional, possuindo altos níveis de amido, fibras, proteínas e flavonoides, além de ser recomendado para dietas de pessoas celíacas, por não conter glúten (GÓRECKA, 2009). A sua produção de grãos média gira entorno de 3.600 kg/ha^{-1} . Sendo necessário realizar a dessecação quando 60 a 70% dos grãos estiverem formados para se fazer a colheita, já que a cultura apresenta degrane natural devido a maturação desuniforme (SANTOS, 2010).

A utilização como planta de cobertura está diretamente ligada a sua tolerância a solos ácidos, a capacidade de utilizar sais de potássio e fosforo pouco disponíveis no solo, a boa adaptação a diferentes condições de ambiente e a capacidade de mobilização de nitrogênio do solo, além de poder produzir até 8 t. MS/ha^{-1} (DWIVEDI, 1996).

O efeito alelopático do trigo-mourisco foi observado no trabalho realizado por Wendler e Simonetti (2016), onde avaliou-se a germinação e o desenvolvimento inicial de sementes de soja, sobre o extrato aquoso de semente de trigo mourisco, observando que houve efeito alelopático inibindo o sistema radicular da soja.

4.3 ALELOPATIA

Compreende-se como alelopatia o resultado da liberação de compostos químicos decorrentes de material vegetal, que podem ser tanto danosos como benéficos para a cultura de interesse econômico (FILHO; 2002; CIACCIA et al., 2015).

Podemos caracterizar a alelopatia como aleloquímicos ou metabólitos secundários, possuindo várias funções, mas essencialmente produzidos como forma de defesa para a planta. Essa defesa pode direta ou indiretamente ser benéfica ou não para outros organismos. A forma como esse material é liberado ao meio ambiente, depende das características a como foi exposto este vegetal, pode ser liberado através da lixiviação pela chuva, volatilização pelas folhas, exsudações radiculares no solo, e decomposição de restos culturais (FILHO e ALVES, 2002).

Existem diversos metabólitos secundários que podem ser liberados pelas plantas, podendo ser ácidos fenólicos, flavonoides, alcaloides, terpenos, taninos, saponinas, entre outros (SODAEIZADEH et al., 2009). Através da alelopatia essas substâncias podem interferir proporcionando prejuízos para as culturas, desde a germinação, emergência, crescimento, desenvolvimento e por consequência produtividade final (AYALA; JAECK; GERHARDS, 2015).

Pensando na variabilidade existente de espécies de plantas de cobertura, seu uso para o controle de plantas daninhas por supressão, juntamente com fatores alelopáticos, mostra-se um recurso extremamente eficaz e econômico, sendo que as coberturas ainda podem ter outras finalidades, seja ela grãos ou plantas forrageiras, além de melhorar a estrutura química, física e biológica do solo (RODRIGUES, et al., 2007).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA AREA EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado no município de Dois Vizinhos, PR. O local se encontra na altitude próxima de 520 metros acima do nível do mar, com latitude de 25°44" Sul e longitude de 53°04" Oeste. Baseando-se assim, na classificação internacional de Köppen, o tipo de clima Cfa, subtropical, úmido (ALVARES et al., 2013). O experimento ocorreu em 2019 no setor da horticultura onde ocupou uma área entorno de 5 m², sendo conduzido em vasos de 6 litros, mantidos em casa de vegetação modelo arco, coberta com filme plástico de polietileno de baixa densidade (Figura 4).



Figura 4: Localização da área experimental. UTFPR-DV-2019.

Fonte: Autor.

5.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) onde os tratamentos foram divididos em dois experimentos. Cada experimento teve quatro tratamentos e quatro repetições, totalizando 16 vasos por experimento. Sendo os respectivos tratamentos, cobertura de aveia-preta, quinoa, trigo mourisco e testemunha (sem cobertura). Ao fim do ciclo das plantas de cobertura, um experimento recebeu o cultivo de soja e o outro de milho (Figura 5).

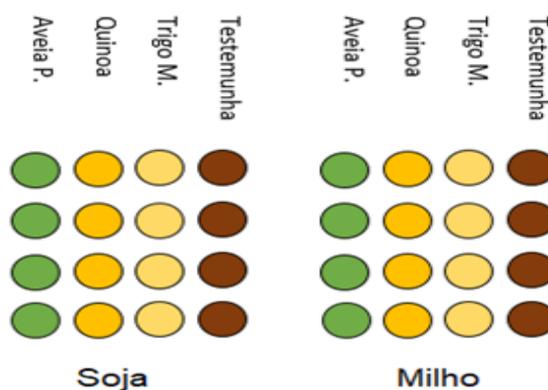


Figura 5: Delineamento experimental. Fonte: Autor

5.3 ESTABELECIMENTO DAS PLANTAS DE COBERTURA

As sementes das plantas de cobertura utilizadas no experimento, foram adquiridas da própria UTFPR. Como o estudo foi realizado em vaso, era necessário saber a área em m^2 dos mesmos, para assim definir a quantidade de sementes utilizadas em cada unidade experimental, com base no peso de 1.000 sementes das plantas de cobertura, e também para saber a quantidade correta de adubo utilizada por área de solo. O cálculo para dimensionamento da área é igual ($\pi \cdot r^2$). Como o vaso possuía raio igual a 10 cm, a área encontrada por vaso foi igual a 0,0314 m^2 .

Primeiramente os vasos foram preenchidos com solo local, retirado na camada de 0 a 20 cm do talhão 1 (área da mecanização) da UTFPR-DV, submetido a análise química de solo (Tabela 1).

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	44,23	5,99	0,25	0	0	0	0	5,8
	MO gdm^{-3}	P $Mgdm^{-3}$	K $cmol_cdm^{-3}$	Cu $Mgdm^{-3}$	Fe $Mgdm^{-3}$	Zn $Mgdm^{-3}$	Mn $Mgdm^{-3}$	pH CaCl ₂
Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	6,6	0	3,18	5,6	2,4	8,25	72,18	0
	Índice SMP	Al ³⁺ $cmol_cdm^{-3}$	H+Al $cmol_cdm^{-3}$	Ca $cmol_cdm^{-3}$	Mg $cmol_cdm^{-3}$	SB $cmol_cdm^{-3}$	V (%)	Sat. Al (%)

Tabela 1: Análise química do solo utilizado no experimento

Fonte: Autor.

De modo geral, as três espécies necessitam de quantidades de adubação aproximadas, porém a cultura da aveia por seu maior histórico de utilização, possui estudos mais detalhados, embasados em análise química de solo. Dados não encontrados para adubação das culturas da quinoa e trigo-mourisco. Por isso a adubação das plantas de cobertura foi realizada conforme a recomendação para a aveia, de acordo com a análise do solo utilizado no experimento, gerando a necessidade de 20 kg N, 80 kg P₂O₅ e 20 kg K₂O por ha⁻¹ (Figura 6). Optou-se então pelo uso do formulado 08-20-10 (N-P-K), onde os cálculos apontaram uma adubação entorno de 200 kg/ha⁻¹ de formulado ou 0,6 g/formulado/vaso, posto na profundidade de 6 cm.

Produtividade esperada t ha ⁻¹	Nitrogênio N, kg ha ⁻¹	P-resina, mg dm ⁻³				K trocável, mmol _c dm ⁻³			
		0-6	7-15	16-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0
		P ₂ O ₅ , kg ha ⁻¹				K ₂ O, kg ha ⁻¹			
1 - 2	20	80	50	30	20	40	30	20	10
2 - 3	30	90	60	40	20	60	40	20	10

Figura 6: Adubação mineral de base para a aveia.

Fonte: Embrapa.

Para o cálculo da quantidade de sementes de quinoa, em estudos dentro de alguns genótipos, encontrou-se peso de 1.000 sementes entre 2,52 a 3,45 g, onde utilizou-se uma média de 3 g para o cálculo (DELGADO et al., 2009). A quantidade recomendada para plantio gira entorno de 5 a 10 kg/semente/ha⁻¹, onde utilizou-se a quantidade de 6 kg/ha⁻¹ ou 200 sementes/m² o que daria aproximadamente 6 sementes/vaso, plantadas na profundidade de 1 cm.

A densidade de semeadura da aveia-preta gira em torno de 250 a 400 sementes/m², para o cálculo levou-se em consideração o valor de 350 sementes/m², e que o peso de 1.000 grãos tem aproximadamente 15g, algo entorno de 52 kg/sementes/ha⁻¹ ou aproximadamente 11 sementes/vaso, plantadas a 3 cm de profundidade. Já para o cálculo do trigo-mourisco levou-se em consideração que a quantidade recomendada para plantio está entre 50 a 80 kg/ha⁻¹, e que o peso de 1.000 sementes gira entorno de 32g, dando aproximadamente 80 kg/ha⁻¹ ou 250

sementes/m², utilizando assim 8 sementes/vaso, plantadas a 3 cm de profundidade (IAPAR, 2015).

Desconsiderando inicialmente o cálculo para o número de sementes por vaso, decidiu-se semear igualmente 20 sementes/vaso para todas as plantas de cobertura, visando evitar perdas por falta de germinação, sendo que aos sete dias após a germinação, realizou-se o desbaste seguindo então o cálculo recomendado.

O fornecimento de água foi realizado a cada 48 horas, com a utilização de um regador com capacidade de 10 L, onde cada vaso recebia a quantidade de 1 L de água. As plantas de cobertura permaneceram no solo por um período de 90 dias, quando foram cortadas rentes ao solo e deixadas sobre os vasos. (Figura 7).



Figura 7: Plantas de cobertura com 30 DAE (A). Plantas de cobertura com 90 DAE (B).

5.4 ESTABELECIMENTO DAS CULTURAS DE VERÃO

Posteriormente ao corte das plantas de cobertura 90 DAE (Figura 8), antes das mesmas serem acomodadas sobre os vasos, realizou-se a adubação de base para as culturas de soja e milho.



Figura 8: Corte das plantas de cobertura e acomodação sobre o solo. Fonte: Autor.

A adubação de base das culturas foi estipulada levando em conta a análise química do solo utilizado no experimento, conforme a recomendação de adubação mineral para o estado do Paraná. O formulado utilizado para a soja foi o 00-20-10 (N-P-K), sendo que a adubação de manutenção necessária seria 80 kg de P_2O_5 e 50 kg de K_2O por ha^{-1} (Figura 9), não utilizando N na fórmula já que a soja faz fixação biológica de nitrogênio. O cálculo da quantidade de formulado foi realizado em relação ao P_2O_5 , apontando uma adubação equivalente a $400\text{ kg}/ha^{-1}$, que transformado para a área do vaso aproximou-se de $1,3\text{ g}/\text{formulado}/\text{vaso}$, depositado na profundidade de 6 cm.

Análise do solo			Quantidade a aplicar		
$mg\ dm^{-3}$		$cmol_c\ dm^{-3}$	$kg\ ha^{-1}$		
P^2	K^2	K^2	N^3	$P_2O_5^4$	K_2O^5
<3,0	<40	<0,10	0	100	90
	40 a 80	0,10 a 0,20	0	100	70
	80 a 120	0,20 a 0,30	0	100	50
	>120	>0,30	0	100	40
3,0 a 6,0	<40	<0,10	0	80	90
	40 a 80	0,10 a 0,20	0	80	70
	80 a 120	0,20 a 0,30	0	80	50
	>120	>0,30	0	80	40
>6,0	<40	<0,10	0	60	90
	40 a 80	0,10 a 0,20	0	60	70
	80 a 120	0,20 a 0,30	0	60	50
	>120	>0,30	0	60	40

Figura 9: Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná, 2017.

A adubação de base do milho também foi realizada conforme a recomendação do manual de adubação e calagem do estado do Paraná, buscando-se a produtividade aproximada de 12 t/ha⁻¹ (Figura 10 e 11). Conforme a disponibilidade de nutrientes do solo utilizado no experimento, a quantidade necessária para a adubação de base foi de aproximadamente 30 kg de N, 110 kg de P₂O₅ e 100 kg de K₂O por ha⁻¹, sendo o formulado utilizado o 08-20-20 (N-P-K), na quantidade de 550 kg/ha⁻¹ ou 1,7g/vaso, depositado na profundidade de 6 cm.

Tabela 11. Recomendação de adubação fosfatada conforme a produtividade esperada para o Estado do Paraná.

P no solo	Produtividade de grãos esperada (t ha ⁻¹)			
	< 8	08-12	13-16	> 16
Kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅				
Muito baixo	110-130	Inviável	Inviável	Inviável
Baixo	90-110	111-130	131-150	Inviável
Médio	70-90	91-110	111-130	131-150
Alto	50-70	71-90	91-110	111-130
Muito alto	30-50	51-70	71-90	91-110
Condição a evitar	0	0	0	0

Figura 10: Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná, 2017.

Tabela 12. Adubação para o cultivo de milho no Estado do Paraná

K no solo	Produtividade de grãos esperada (t ha ⁻¹)			
	< 8	08-12	13-16	> 16
Kg ha ⁻¹ de K ₂ O				
Muito baixo	100-130	Inviável	Inviável	Inviável
Baixo	70-100	101-130	131-160	161-190
Médio	40-70	71-100	101-130	131-160
Alto	20-40	41-70	71-100	101-130
Muito alto	20	20-41	41-70	71-100
Condição a evitar	0	0	0	0

Figura 11: Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná, 2017.

Após a adubação os vasos receberam as sementes. O milho plantado a uma profundidade de 4 cm, e a soja a profundidade de 3 cm, onde foram utilizadas 5 sementes por vaso, também pensado em evitar perdas por falta de germinação, sendo que logo após o plantio, as plantas de cobertura cortadas foram repostas sobre os vasos. Para evitar a competição entre plantas, 7 dias após a emergência das culturas,

realizou-se o desbaste deixando apenas 1 planta por vaso, esta escolhida com base em uma média geral das plantas germinadas, onde ali permaneceram por 30 dias após a emergência (DAE), realizando ao final desse período as avaliações.

Assim como para as plantas de cobertura o fornecimento de água foi realizado a cada 48 horas, com a utilização de um regador com capacidade de 10 L, onde cada vaso recebia a quantidade de 1 L de água.

5.5 VARIÁVEIS ANALISADAS

Após o plantio das culturas de soja e milho no dia 01/09/2019, realizou-se a contagem de plantas em todos os vasos. A partir da primeira planta emergida (soja e milho dia 04/09) até que esse número de plantas emergidas tornou-se constante (dia 11/09 para ambas).

Para calcular o Índice de velocidade de emergência (IVE) realizou-se observações diárias desde o plantio, contando o número de plântulas emergidas por dia, até esse número permanecer constante, onde dividiu-se posteriormente esse número de plantas emergidas pelo número de dias transcorridos desde a data da semeadura, que também pode ser calculado pela fórmula de $IVE = N1/D1 + N2/D2 + \dots + Nn/Dn$, Onde: IVE = índice de velocidade de emergência; N = números de plântulas verificadas no dia da contagem; D = números de dias após a semeadura em que foi realizada a contagem.

Ao fim do processo germinativo, contabilizou-se o número de plantas germinadas e os resultados expressos em porcentagem (%) de plantas emergidas para cada tratamento.

Ao final dos 30 DAE, realizou-se as avaliações, medindo altura de planta, contagem de número de folhas, área foliar e diâmetro de colmo/caule. Para medir altura de planta utilizou-se uma régua graduada em cm, medindo-se da base da planta rente ao solo, até o ápice da última folha. Para determinação da área foliar, mediu-se o comprimento, vezes, a largura das folhas totalmente expandidas. Mediu-se ainda, o diâmetro de colmo das plantas, feito rente ao solo, com a utilização de um paquímetro (Figura 12).

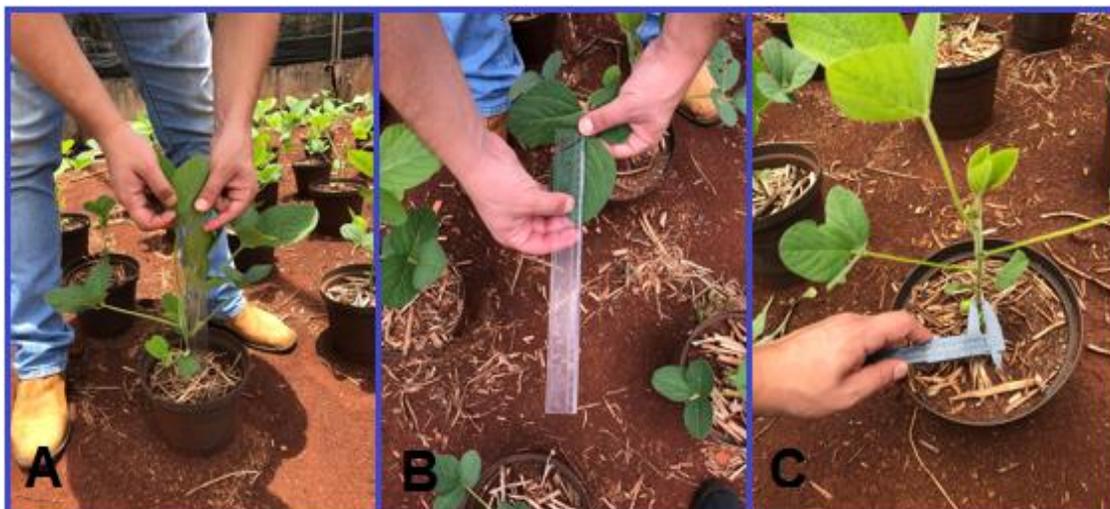


Figura 12: Medidas de altura de planta (A). Medidas de área foliar (B). Medidas de diâmetro de colmo (C). Fonte: Autor.

O material vegetal foi coletado, cortando as plantas rente ao solo e recolhendo as raízes separadamente, retirando o solo presente das mesmas com a ajuda de água corrente. Após serem coletadas e postas em sacos de papel kraft, as amostras foram pesadas em balança de precisão para a obtenção de massa verde, e então levadas a estufa de circulação forçada de ar a 65°C, por dois dias até atingirem peso constante, sendo pesadas novamente para obter a massa seca (Figura 13).



Figura 13: Determinação de massa seca (A). Estufa de circulação de ar forçada utilizada para secagem das amostras (B). Fonte: Autor.

5.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk (normalidade) e Bartlett (homogeneidade), realizou-se a análise de variância (Teste F) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%), com o uso do programa estatístico Rbio.

6.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 EMERGÊNCIA DE PLANTAS

Observou-se que as sementes de soja, plantadas sobre as diferentes plantas de cobertura, obtiveram 100% de emergência em todos os tratamentos, o que significa, que as plantas de cobertura não apresentam nenhum efeito prejudicial inicial para a cultura (Tabela 2).

Já para a cultura do milho houve diferença no tratamento com a cobertura de aveia-preta, obtendo-se apenas 40% de plantas emergidas (Tabela 2).

Tabela 2: Emergência de sementes de soja e milho, semeadas sobre diferentes plantas de cobertura. Dois Vizinhos, UTFPR, 2019.

Tratamento	% Emergência	
	Soja	Milho
Aveia-Preta	100 a	40 b
Quinoa	100 a	100 a
Trigo-Mourisco	100 a	100 a
Testemunha	100 a	100 a
CV (%)	0	15

Medidas seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Em resposta a esse resultado pesquisas têm indicado que o ácido aconítico (AA), um ácido que tem importantes funções fisiológicas no ciclo de Krebs das plantas, produzido por gramíneas como milheto, trigo, braquiária, aveia e outras, pode exercer efeitos alelopáticos afetando a germinação e crescimento, o que pode explicar a baixa porcentagem de plantas emergidas de milho (Embrapa Soja, 2007). Segundo Voll et al., (2005) o AA é absorvido pela semente via tegumento, resultando no estímulo de microrganismos endofíticos, como fungos de solo, que penetram via solução do solo no interior das sementes, inibindo a germinação.

O mesmo fato não ocorreu com a soja, sendo que esta resposta pode ser explicada por Silva (2007), que diz que os fatores alelopáticos são dinâmicos, sendo que existem espécies mais, e outras menos susceptíveis a um mesmo composto alelopático.

Diante disso o trabalho realizado por Voll et al. (2010) confirma o pressuposto, onde testes realizados com o uso do ácido aconítico (AA) sobre 15 cultivares de soja, não apresentaram resultados significativos para a variável geminação.

6.2 ÍNDICE DE VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA (IVE)

Em relação ao índice de velocidade de emergência (IVE), observou-se que ocorreu diferença significativa para ambas as culturas (Tabela 3).

Tabela 3: Índice de velocidade de emergência de sementes de soja e milho, semeadas sobre diferentes plantas de cobertura. Dois Vizinhos, UTFPR, 2019.

Tratamento/Variáveis	IVE Milho	IVE Soja
Aveia-preta	1,28 c	4,04 a
Quinoa	6,04 a	2,62 b
Trigo-Mourisco	5,26 ab	3,53 ab
Testemunha	4,92 b	3,22 ab
CV (%)	15,21	10,47

Medidas seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Para a cultura do milho, a cobertura que proporcionou o melhor desenvolvimento inicial foi a quinoa, obtendo uma média de IVE de 6,04 ao final de 7 dias de avaliação, sendo 19% superior ao solo descoberto (testemunha). Em contrapartida, a aveia-preta foi a cobertura que apresentou o menor desempenho no estabelecimento inicial do milho, tendo IVE igual a 1,28 (Figura 14).

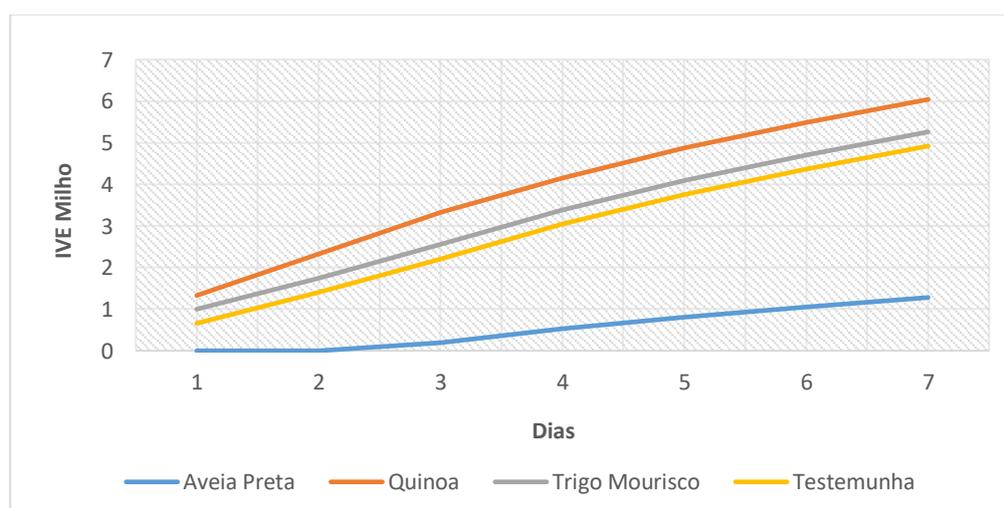


Figura 14: Índice de Velocidade de Emergência do milho cultivado sob diferentes plantas de cobertura.

O milho cultivado sobre a cobertura de aveia-preta apresentou uma redução de 4,71 vezes seu IVE em comparação com a cobertura de quinoa, que apresentou o melhor resultado. Isto pode ter ocorrido em virtude da presença de compostos

alelopáticos produzidos pela aveia como o ácido aconítico, já citado anteriormente, que além da germinação afeta o crescimento, comprometendo assim a velocidade do seu desenvolvimento e por consequência seu IVE. A cobertura com trigo-mourisco também obteve ótimo resultado, sendo apenas 13% inferior ao melhor resultado obtido com a quinoa e 7% superior ao solo descoberto (testemunha).

Ao contrário dos resultados obtidos com o IVE do milho, a cobertura que proporcionou o melhor desempenho inicial para a soja foi a aveia-preta, obtendo uma média de IVE de 4,04. Já a planta de cobertura que apresentou o pior resultado no estabelecimento inicial da soja foi a quinoa com um IVE de 2,62 (Figura 15).



Figura 15: Índice de Velocidade de Emergência da Soja cultivada sob diferentes plantas de cobertura.

O IVE da cobertura com aveia-preta foi cerca de 20% superior ao solo descoberto (testemunha), demonstrando a grande importância das plantas de cobertura já logo nos estádios iniciais da cultura. O trigo-mourisco novamente apresentou bom resultado sendo apenas 13% inferior ao melhor resultado obtido com a cobertura de aveia-preta. Já a quinoa que para a cultura do milho foi a cobertura que teve o maior IVE, não apresentou o mesmo resultado para a cultura da soja, apresentando o pior desempenho, com IVE 35% inferior em relação a cobertura de aveia-preta e 19% inferior ao solo descoberto (testemunha).

Segundo Fedrigo et al., (2010), em trabalho realizado com extratos aquosos de quinoa encontrou-se o metabolito secundário saponina. As saponinas estão relacionadas principalmente ao sistema de defesa das plantas e podem apresentar efeito alelopático na germinação e desenvolvimento.

6.3 CRESCIMENTO VEGETATIVO DO MILHO

Segundo a avaliação estatística, observa-se que houve diferença significativa entre as variáveis analisadas, ou seja, a cultura do milho apresentou desempenho variado, conforme a planta de cobertura que a antecedeu (Tabela 4).

Tabela 4 – Crescimento vegetativo do milho, plantado sobre diferentes plantas de cobertura. Dois Vizinhos, UTFPR, 2019.

Tratamento/Variáveis	Altura de Plantas (cm)	Diâmetro de Colmo (cm)	Número de Folhas	Área Foliar (cm ²)
Aveia-preta	39,22 b	1,1 b	6,0 a	28,18 c
Trigo-Mourisco	99,75 a	2,37 a	6,0 a	130,24 ab
Quinoa	103,82 a	2,3 a	6,0 a	139,49 a
Testemunha	86,35 a	1,85 a	4,32 b	91,89 b
CV (%)	10,36	13,18	4,23	22,83

Tratamento/Variáveis	Massa Fresca (g planta ⁻¹)	Massa Seca (g planta ⁻¹)	Massa Fresca (g raiz ⁻¹)	Massa Seca (g raiz ⁻¹)
Aveia-preta	29,95 b	3,92 c	8,15 c	1,05 b
Trigo-Mourisco	147,67 a	19,05 a	25,25 ab	3,27 a
Quinoa	148,87 a	19,20 a	31,32 a	3,87 a
Testemunha	69,07 b	10,25 b	17 b	2,27 ab
CV%	20,73	19,7	30,53	30,09

Medidas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5.

A aveia-preta foi a cobertura que mais apresentou efeito negativo sobre o crescimento da cultura do milho, ou seja, sobre todas as variáveis analisadas, sendo possível ver visualmente (Figura 16).



Figura 16: Do sentido da esquerda para a direita, milho plantado sobre aveia-preta, quinoa, trigo-mourisco e testemunha (solo descoberto).

Já foram identificados na aveia-preta vários metabolitos secundários que atuam como alelopáticos, dentre alguns pode-se citar a produção de ácidos fenólicos, cumáricos, ferúlico, vanílico, siríngico, p-hidroxibenzóico, aconítico como já citado e principalmente a escopoletina (FAY; DUKE, 1977). A escopoletina tem efeito inibidor do crescimento radicular das plantas (MONTEIRO; VIEIRA, 2002), e afeta também a taxa fotossintética líquida, reduzindo a expansão da área foliar paralelamente à fotossíntese (EINHELLIG, 1986)

Segundo Almeida (1988), a aveia exsuda pelas raízes esse metabólico no solo, o que pode explicar o porte tão inferior do milho, assim como o crescimento de suas raízes e área foliar, quando plantado sobre a aveia-preta, se comparado as outras plantas de cobertura. Além do fator alelopático, segundo Aita & Giacomini (2003), a cultura do milho em sucessão a gramíneas, pode apresentar certa deficiência de nitrogênio, devido à imobilização microbiana, durante o processo de decomposição da palha com elevada relação C/N, sendo que apenas 40% do N contido na planta é disponibilizado nas primeiras quatro semanas após seu manejo.

Por isso a recomendação é não realizar a semeadura logo após a dessecação, sendo a melhor opção aguardar de 15 a 20 dias após a dessecação, ou maior tempo a depender do caso, diminuindo assim a liberação de substâncias alelopáticas pela decomposição da palhada, sendo que tais efeitos são temporários. Aguardando esse tempo melhoram-se as condições para a operação de máquinas, visto que

dependendo da quantidade de fitomassa, se a palhada não estiver seca o corte pode ser dificultado (MELHORANÇA, 2002).

Em relação ao milho plantado sobre as coberturas de quinoa e trigo-mourisco, o mesmo não apresentou efeitos alelopáticos, pelo contrário, apresentou bons resultados, sendo melhores do que os encontrados com solo descoberto (testemunha). Esta vantagem segundo Rego (1994), é em decorrência da capacidade de extração de nutrientes do solo por parte das plantas de cobertura, que posteriormente são disponibilizados para a cultura subsequente, juntamente com a presença do sistema radicular que melhora as condições físicas do solo.

6.4 CRESCIMENTO VEGETATIVO DA SOJA

Ao contrário dos resultados obtidos com a cultura do milho, a resposta de crescimento da soja perante as diferentes plantas de cobertura, mostra que não houve diferença entre as coberturas utilizadas. Embora não tenha ocorrido diferença estatística. A (Tabela 5) e (Figura 17) mostram a importância das plantas de cobertura para o desenvolvimento da cultura, quando comparadas ao solo descoberto (testemunha).

Tabela 5 – Desenvolvimento vegetativo da soja, plantada sobre diferentes plantas de cobertura. Dois Vizinhos, UTFPR, 2019.

Tratamento/Variáveis	Altura de Plantas (cm)	Diâmetro de Colmo (cm)	Número de Trifólios	Área Foliar (cm ²)
Aveia-preta	36,55 a	0,32 a	5,0 a	112,75 a
Trigo-mourisco	34,77 a	0,3 a	4,25 a	107,26 a
Quinoa	35,50 a	0,3 a	4,75 a	108,42 a
Testemunha	32,37 a	0,22 a	4,5 a	100,75 a
CV (%)	10,86	27,5	18,2	17,63

Tratamento/Variáveis	Massa Fresca (g planta ⁻¹)	Massa Seca (g planta ⁻¹)	Massa Fresca (g raiz ⁻¹)	Massa Seca (g raiz ⁻¹)
Aveia-preta	16,72 a	4,92 a	3,82 a	3,1 a
Trigo-mourisco	14,3 a	3,9 a	3,82 a	2,95 a
Quinoa	16 a	4,47 a	3,62 a	2,72 a
Testemunha	11,7 a	3,02 a	3,15 a	2,5 a
CV%	36,66	26,86	12,12	13,81

Medidas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.



Figura 17: Do sentido da esquerda para a direita segue a soja plantada sobre aveia-preta, quinoa, trigo-mourisco e testemunha (solo descoberto). Fonte: Autor.

Como já citado anteriormente os fatores alelopáticos são dinâmicos, sendo que existem espécies mais, e outras menos susceptíveis a um mesmo composto. Premissa essa, que explica por que a aveia-preta foi prejudicial para o milho, e nada prejudicial para a soja, resultado parecido ao encontrado no trabalho de Derpsch & Calegari (1985), onde se observou um aumento de 38 % no rendimento de grãos da soja cultivada em resteva de aveia-preta, em contrapartida para o milho a mesma cobertura reduziu a produtividade.

O resultado obtido com a soja plantada sobre a cobertura de trigo-mourisco teve resultado semelhante ao trabalho de Farias & Mourão (2018), que avaliou em casa de vegetação o IVG (índice de velocidade de germinação), % de germinação, comprimento da parte aérea, comprimento da raiz e massa das plantas da soja plantadas sobre a cobertura de trigo mourisco, onde a cobertura não apresentou nenhum efeito alelopático prejudicial sobre a mesma.

A soja plantada sobre a resteva de quinoa também teve resultado positivo, não apresentando efeitos alelopáticos prejudiciais, embora alguns trabalhos como o de Bianchini (2017) demonstrem que a quinoa possui efeitos alelopáticos significativos para outra espécie como a *Euphorbia heterophylla* quando utilizada na dose de 10% de extrato aquoso, porém esse experimento foi realizado em laboratório sem o fator

solo, o que segundo Putnam & Duke (1974) pode alterar o grau de alelopatia, pois a atividade biológica desses produtos está mais relacionada com sua concentração e mobilidade do que sua própria composição química.

7 CONCLUSÕES

A soja pode ser cultivada em plantio direto, posterior ao cultivo da aveia-preta, quinoa e trigo-mourisco, sem restrição com relação a atividade alelopática.

Não é adequado o plantio do milho sobre a aveia-preta logo após a dessecação, sendo necessário um período de tempo mínimo de 15 a 20 dias para tal prática. O milho pode ser cultivado posterior ao cultivo da quinoa e trigo-mourisco, sem interferir no crescimento e desenvolvimento da cultura.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho foi pensado seguindo a lógica do cultivo de plantas de cobertura em uma entressafra, buscando outras opções de espécies a serem utilizadas. A escolha da aveia-preta como uma das coberturas foi pensada visando em ter uma comparação perante as outras espécies pelo seu longo histórico de utilização, demonstrando que sim é uma ótima opção, pois é resistente a baixas temperaturas, possui baixo custo de sementes, tem boa produção de palhada que promovem por supressão/alelopatia a redução da população de plantas daninhas, entre outros benefícios. Porém deve se ter alguns cuidados, principalmente quanto ao tempo entre sua dessecação e o plantio da cultura em sequência, como no caso do milho.

O trigo-mourisco possui precocidade na produção de matéria seca, sendo uma ótima opção para cultivos com intervalos pequenos entre culturas comerciais de verão e de inverno, não apresentando alelopatia, podendo pela sua baixa relação C/N e baixa resistência ao corte da semeadora, ser possível adotar a prática de aplique e plante, permitindo a semeadura da cultura subsequente já no primeiro dia de zoneamento. Um cuidado que deve ser tomado com o trigo-mourisco é que o mesmo possui hábito de degrana natural, fazendo um banco de sementes que germinam em diferentes épocas, problema que pode ser resolvido através de uma dessecação antes da cultura semear, que ocorre por volta dos 50 DAE.

A quinoa demonstrou um desenvolvimento inicial lento durante suas primeiras semanas pós emergência, o que pode ser um problema pensando na baixa supressão de plantas daninhas. Porém 30 DAE teve crescimento rápido, sendo visualmente a cobertura que mais apresentou massa verde ao final dos 90 DAE. Foi a planta de cobertura que apresentou menor IVE na soja, porém a que apresentou maior IVE para o milho, mas que nos demais fatores analisados não apresentou resultados que impedissem sua utilização. É uma planta muito resistente ao frio e a estiagem, podendo ser uma ótima opção para descompactação de solos, uma vez que seu sistema radicular pivotante pode chegar até 1,5 m de profundidade.

Por seu ciclo ser mais tardio se encaixa melhor em períodos de entre safra mais longos, ou ainda utilizada na rotação de culturas, uma vez que seus grãos tem bom valor de mercado, por serem ricos em proteína e aminoácidos essenciais, embora a cadeia produtiva ainda esteja se estruturando.

REFERÊNCIAS

- AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.3, p.601-612, 2003.
- ALMEIDA, F.S., **A alelopatia e as plantas**. Circular 53, Instituto Agrônomo do Paraná, Londrina, PR. P.60, 1998.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. v.22, n.6, p. 711-728, 2013.
- AYALA, V. R; JAECK O; GERHARDS R. **Investigation of biochemical and competitive effects of cover crops on crops and weeds**. Crop Protection, v.71, p. 79-87, 2015.
- BAIER, A.C. **Potencialidade do triticale no Brasil**. Reunião Brasileira De Triticale, Chapecó, EPAGRI, p.159, 1995.
- BIANCHINI, Alexandre. **Efeito alelopático de plantas de cobertura na inibição de plantas daninhas ocorrentes em soja**. 2017. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2017.
- BHARGAVA, A., SHUKLA, S., OHRI, D. **Chenopodium quinoa – an Indian perspective**. Industrial Crops and Products, p.73-87, 2006.
- CARVALHO, I. Q., STRACK, M. **Indicações técnicas para a cultura da aveia: XXXIV Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia**. Fundação ABC. Passo Fundo: Editora da Universidade de Passo Fundo, p. 13, 2014.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Safra 2019/2020. Brasília, v.7, p.1-31, jun. 2020.
- DELGADO, A. I., PALACIOS, J. H., BETANCOURT. **Evaluación de 16 genotipos de quinua dulce (Chenopodium quinoa Willd.) en el municipio de Iles, Nariño (Colombia)**. Agronomía Colombiana, p.159-167, 2009.
- DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; COGO, N.P. & BERTOL, I. **Benefícios do Plantio Direto**, In: REUNIÃO SULBRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, Porto Alegre, 2016.
- DENARDIN, J.E. **Desafio do plantio direto**. Embrapa. Brasília - Df, 10 dec. 2016. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/9697114/artigo--desafio-do-plantio-direto>>. Acesso em: 26 mai.2019.
- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Guia de plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, p. 96, 1985.

DWIVEDI, G. K. Tolerance of some crops to soil acidity and response to liming. **Journal of the Indian Society of Soil Science**, Uttar Pradesh, v. 44, n. 4, p.736-741,1996.

ENHELLIG, F. A. Mechanisms and modes of action of allelochemicals. **The Science of allelopathy**. New York, EUA, p. 171-188, 1986.

EMBRAPA SOJA. **Cultivares de soja 2006/2007: Região Centro-Sul**. Londrina: Embrapa Soja, (Embrapa Soja. Documentos, 280) p. 72, 2007.

FARIAS ALVES, J.N; MORAIS MORÃO SIMONETTI, A.P. Alelopatia de trigo mourisco sobre a cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v.10, n.1, p. 97-105, 2018.

FAY, P.K.; DUKE, W.B. **An assessment of allelopathic potential in Avena germplasm**. **Weed Science**, v.5, p.224-228, 1977.

FEDRIGO, I. H. et al. Obtenção de Formas Cosméticas a Partir do Extrato Aquoso de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Saúde e Pesquisa**, v. 4, n. 2, 2010.

FILHO, A. P. S.S.; ALVES, S. M. de. **Mecanismos de liberação e comportamento de aleloquímicos no ambiente**. In: Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p. 112-129, 2002.

FILHO, A. P. S.S. **Alelopatia: das primeiras observações aos atuais conceitos**. In: Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p. 15-23, 2002.

GÓRECKA, D.; HES, M.; BUSZKA-SYMANDERA, K.; DZIEDZIC, K. **Contents of Selected Bioactive Components in Buckwheat Groats**. *ACTA Scientiarum Polonorum Technology Alimentare*. Poznań University of Life Sciences, p. 75-83, 2009.

GORGEN, Angela Valentini. **Produtividade e qualidade da forragem de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR) e de trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*. Moench) cultivado no cerrado**. 2013.

HAGEMANN, T.R. **Potencial Alelopático de Extratos Aquosos Foliares de Aveia Sobre Azevém e Amendoim-Bravo**. *Bragantia*. v. 69, n. 3, p. 509-518, 2010.

IAPAR. **Recomendação Técnica para Plantio de Plantas de Cobertura**. Instituto Agrônomo do Paraná. Londrina (IAPAR. Documentos, 262) p.85, 2015.

IBGE. **Pib cresce 1,1% em 2019 e fecha ano em r\$ 7,3 trilhões**. Brasil, 20 mar. 2020. Disponível em: < <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/23886-pib-cresce-1-1-em-2019-e-fecha-ano-em-r-7-3-trilhoes>>. Acesso em: 21 mar.2020.

JACOBSEN, S.E., MONTEROS, C., Christiansen, J.L., Bravo, L.A., Corcuera, L.J., Mujica, A. Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages. **European Journal of Agronomy**, p.131-139, 2005.

LAMAS, F. M. **Importância das Plantas de Cobertura**: 2018. Disponível em: https://eventos.uceff.edu.br/eventosfai_dados/artigos/agrotec2018/926.pdf. Acesso em: 21 ago. 2020.

LAMAS, F. M. **Plantas de cobertura: o que é isto? Embrapa**. Brasília - Df, 25 sep. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28512796/artigo---plantas-de-cobertura-o-que-e-isto>. Acesso em: 25 mai. 2019.

MELHORANÇA, A.L. **Tecnologia de dessecação de plantas daninhas no sistema plantio direto**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. Circular técnica, p.6, 2002.

MELLO, I. **Plantio direto a tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira**. Itaipu. Foz do Iguaçu - Pr, v. 1, n. 144, 01 jan. 2015.

MENDES, L.B.; ALVARES, H.; MORAES, J.B.; SHMOLER P.J.S. **Efeito alelopático de extrato de *Eucalyptus citriodora* na germinação de sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.)**. Revista científica eletrônica de agronomia, ano V, n.10.2018.

MONTEIRO, C.A.; VIEIRA, E. L. Efeito Alelopático do extrato Aquoso de Aveia Preta (*Avena strigosa* Schheb.) na Germinação e desenvolvimento de soja (*Glycine max* L. merril). **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá/PR v.1, n.1, p. 101-109, 2002.

MORAES, A, LUSTOSA, S.B.C. **Forrageiras de inverno como alternativas na alimentação animal em períodos críticos**. Simp. Sobre Nutrição de Bovinos, 7, Alternativas de suplementação, FEALQ, p. 147-166, 1998.

NEGRINI, Ana Clarissa Alves. **Desempenho de alface (*Lactuca sativa* L.) consorciada com diferentes adubos verdes**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2007.

OELKE, E.A., PUTNAM, D.H., TEYNOR, T.M., OPLINGER, E.S., **Alternative field crops manual**. University of Wisconsin Cooperative Extension Service, University of Minnesota Extension Service, Centre for Alternative Plant and Animal Products, 1992.

PACE, T. **Cultura do trigo sarraceno: história, botânica e economia**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola, p. 71, 1964.

PENHA, A. **Consórcios de Aveia, Linho e Ervilha para a Supressão de Plantas Daninhas**. XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Ribeirão Preto/SP, 2010.

PEREIRA, I. A.; BORGHI, E. **Mercado produtor Brasileiro: safra 2014/2015**. Embrapa Milho e Soja, p. 21, 2015.

PIRES, N. M; OLIVEIRA, V. R. Alelopatia In: OLIVEIRA Jr., R.S. & J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Agropecuária, Guaíba. 2011. cap. 5, p. 145-185. Disponível em: < <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/910833/1/BMPDcap5.pdf>> Acesso em: 15 Mai. 2019.

PUTNAM, A. R; DUKE, W.B. **Biological suppression of weeds, evidence for allelopathy in accessions of cucumber**. Science, 185:370-372, 1974.

REGO, P.G. **Economia das rotações de culturas em plantio direto**. Revista Mensal Batavo. Fundação ABC, ed.31, p.20-28, 1994.

RISI, J., GALWEY, N.W., 1984. **The Chenopodium grains of the andes inca crops for modern agriculture**. Advances in Applied Biology 10, 145–216.

RODRIGUES, A. C. G. et al. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região Noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1421-1428, 2007.

SANTOS, E. L. **Teste de vigor em sementes de trigo Mourisco (Fagopyrum esculentum moench)** cultivar IPR-92-Altar. 2010.

SANTOS, R. L. B.; SPEHAR, C. R.; VIVALDI, L. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) reaction to herbicide residue in a Brazilian Savannah soil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 6, p. 771-776, 2003.

SILVA, A. M. **Efeito Alelopático In Vitro De Malva Sylvestris E Artemisia Camphorata Na Germinação e Desenvolvimento De Sementes De Petúnia (Petunia Integrifolia)**; Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Caxambu/MG, 2007.

SODAEIZADEH, H. et al. Allelopathic activity of different plant parts of *Peganum harmala* L. and identification of their growth inhibitors substances. **Plant Growth Regulation**, v. 59, p. 227-236, 2009

SPEHAR, C. R. **Quinoa: Alternativa para a diversidade agrícola alimentar**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p. 145, 2003.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) BRS Piabiru: Alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 6 , p. 889-893, 2002.

USDA. **Usda soybean baseline**, 2010-20. EUA, 06 jun. 2020. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/topics/crops/soybeans-oil-crops/market-outlook/usda-soybean-baseline-2010-20/>>. Acesso em: 04 jun. 2020.

VALENCIA, Z. **Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de semillas de quinua peruana (Chenopodium quinoa W.)**. Revista de la Sociedad Química del Perú. vol. 83, n.1, pp. 16-29, 2017.

VASCONCELOS., F.S., VASCONCELOS, E.S., BALAN, M.G., SIILVÉRIO, L., 2012. Desenvolvimento e produtividade de quinoa semeada em diferentes datas no período safrinha. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 510-515.

VOLL, E.; KRZYZANOWSKI, F.C.; GAZZIERO, D.L.P.; ADEGAS, F.S. Alelopatia do ácido aconítico sobre soja e teores de lignina. **Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**. Ribeirão Preto, 2010.

VOLL, E.; GAZZIERO, D. L. P.; BRIGHENTI, A. M.; ADEGAS, F. S.; GAUDÊNCIO, C. de A.; VOLL, C. E. **A dinâmica das plantas daninhas e práticas de manejo**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 85 p. (Embrapa Soja. Documentos, 260).

WENDLER, E; SIMONETTI, A. P. M. M; **Uso de trigo mourisco sobre a germinação e desenvolvimento inicial de soja**. Revista Cultivando o Saber. Edição Especial, p. 122-131. 2016.