

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**POTENCIAL ALELOPÁTICO DA CULTURA DA
CANOLA (*Brassica napus* L. var. oleifera) NA
SUPRESSÃO DE PICÃO-PRETO (*Bidens* sp.) E
SOJA**

RONALDO NEVES

ORIENTADOR: PROF. Dr. MAURO ANTÔNIO RIZZARDI

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Agronomia da Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária
da Universidade de Passo Fundo
para a obtenção do título de Mestre
em Agronomia – Área de
Concentração em Produção
Vegetal

Passo Fundo, julho de 2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

A comissão examinadora, abaixo assinada, aprova a
dissertação

BIOGRAFIA DO AUTOR

RONALDO NEVES nasceu em Passo Fundo (RS), em 23/06/1977.

Formou-se biólogo pela Universidade de Passo Fundo (RS) em 2000.

É professor de biologia no ensino médio e ciências físicas e biológicas no ensino fundamental. Também exerce a função de tutor de sala no curso Normal Superior da Universidade Norte do Paraná.

DEDICO

A Deus pela bênção divina.
Aos meus pais, Alceni e Rosangela.
A minha noiva Lisandra.

AGRADECIMENTOS

A Universidade de Passo Fundo, pelo crescimento acadêmico, pessoal e profissional.

Ao professor Dr. Mauro Antônio Rizzardi, pela orientação, amizade e dedicação.

À professora M.Sc. Dileta Cechetti, pela assistência na estatística e amizade.

Ao professor Dr. Luiz Carlos Gutkoski, pelo incentivo, amizade e confiança.

À Professora Dr^a Alana Neto Zoch, pelo auxílio na elaboração de uma metodologia para obtenção dos extratos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pelos ensinamentos.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela troca de conhecimentos e pelo crescimento.

Aos funcionários da FAMV/UPF, pela colaboração e dedicação, especialmente a Mari, pela simpatia e atenção com que trata todos os mestrandos e alunos da Faculdade.

Ao engenheiro agrônomo Ph.D. Gilberto Omar Tomm, pelo apoio e doação de sementes.

À Agrícola Ferrari, pela doação de sementes de canola e pelo incentivo.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	1
ABSTRACT	2
1 INTRODUÇÃO	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Alelopatia e o manejo de plantas daninhas	5
2.2 Alelopatia e competição	9
2.3 Substâncias alelopáticas	14
2.4 Ação alelopática	18
2.5 Genética da alelopatia	21
2.6 Extratos alelopáticos	22
2.7 Origem da canola	24
2.8 A cultura da canola no sistema de produção	25
2.9 Canola como cultura potencialmente alelopática	26
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 Local dos experimentos	29
3.2 Experimento 1	30
3.3 Experimento 2	34
3.4 Experimento 3	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 Experimento 1	37
4.2 Experimento 2	44
4.2.1 Índice de velocidade de emergência.....	44

4.2.2 Porcentagem de germinação	47
4.2.3 Biomassa vegetal	51
4.3 Experimento 3	54
5 CONCLUSÕES	61
APÊNDICES.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Biomassa da soja, aos 45 dias após a emergência, em resposta a diferentes concentrações de palha e extrato de canola (genótipo Hyola 420). UPF, Passo Fundo, RS, 2003	51
2. Biomassa do picão-preto em resposta a diferentes concentrações de palha e extrato de canola (genótipo Hyola 420). UPF, Passo Fundo, RS, 2003	52

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Esquema da reação enzimática a que estão sujeitos os glucosinolatos, compostos alelopáticos presentes na canola (adaptado de PTERSEN et al., 2001; BIALY et al., 1990).....	17
2. Área de coleta – lavoura de canola. Passo Fundo, RS, 2003.....	30
3. Órgãos distintos da planta de canola: raízes, caules e folhas UPF, Passo Fundo, RS, 2003.....	32
4. Rolos de germinação utilizados nos bioensaios. UPF, Passo Fundo, RS, 2004.	33
5. Parcelas de 0,5 m ² instaladas em canteiros montados dentro de uma casa de vegetação. UPF, Passo Fundo, RS, 2003.	35
6. Efeito de concentrações de extratos aquosos obtidos de raízes, caules e folhas de canola, planta seca (a) e planta verde (b), sobre a porcentagem de germinação de picão-preto (<i>Bidens</i> sp.). UPF, Passo Fundo, RS, 2003. Pontos com mesma letra, verticalmente, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.	38
7. Efeito das concentrações, na média dos aleloquímicos de canola, no índice de velocidade de emergência (IVE) do picão-preto. UPF, Passo Fundo, RS, 2003. (Barras verticais representam o erro-padrão da média).	44
8. Efeito das concentrações do aleloquímico de canola no índice de velocidade de emergência (IVE) da soja na média dos aleloquímicos. UPF, Passo Fundo, RS, 2003. (Barras verticais representam o erro-padrão da média).....	45
9. Percentuais de germinação acumulada de sementes de soja em função do aleloquímico de canola na concentração de 100%. UPF, Passo Fundo, RS, 2003 Pontos com mesma letra, verticalmente, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.	49

10. Efeito das concentrações, na média dos aleloquímicos de canola, sobre a porcentagem de germinação do picão-preto. UPF, Passo Fundo, RS, 2003. (Barras verticais representam o erro-padrão da média).50
11. Efeito de diferentes concentrações de extratos aquosos obtidos de plantas secas de canola sobre a porcentagem de germinação do picão-preto. UPF, Passo Fundo, RS, 2004. Pontos com mesma letra, verticalmente, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.56
12. Efeito de diferentes concentrações de extratos aquosos canola, obtidos de plantas verdes, sobre o potencial de germinação do picão-preto (*Bidens* sp.). UPF, Passo Fundo, RS, 2004. Pontos com mesma letra, verticalmente, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.58

POTENCIAL ALELOPÁTICO DA CULTURA DA CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) NA SUPRESSÃO DE PICÃO-PRETO (*Bidens* sp.) E SOJA

Ronaldo Neves¹; Mauro Antônio Rizzardí²

RESUMO – A alelopatia é um fenômeno natural de interferência entre plantas vizinhas, geralmente caracterizado por interações negativas. Há milhares de anos o homem observa que determinadas plantas suprimem o crescimento de outras, porém nem sempre são conhecidos os mecanismos desta supressão, o que inviabiliza seu uso no manejo de plantas daninhas. A canola produz uma série de compostos alelopáticos que influenciam na germinação e no crescimento de plantas ao seu redor. O objetivo deste trabalho foi avaliar em laboratório e em casa de vegetação o potencial alelopático da canola sobre a germinação, velocidade de emergência e biomassa da soja e do picão-preto (*Bidens* sp.), bem como identificar variabilidade do potencial alelopático nos genótipos Hyola 43, Hyola 60 e Hyola 420. Nos três experimentos realizados, foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial. Os experimentos conduzidos em laboratório e casa de vegetação revelaram que os extratos aquosos de canola e também sua palha influenciaram negativamente na porcentagem de germinação e na velocidade de emergência de plantas de picão-preto e soja, não tendo influência sobre a biomassa das mesmas. Também foi constatada variabilidade no potencial alelopático nos genótipos estudados.

Palavras-chave: alelopatia, aleloquímicos, brassicaceae, fitotoxinas, glucosinolatos, metabólitos secundários, plantas daninhas.

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade de Passo Fundo (UPF), RS.

² Orientador, Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Titular da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF. Bolsista do CNPq.

**ALLELOPATHIC POTENTIAL OF CANOLA CROP
(*Brassica napus* L. var. *oleifera*) ON
SUPPRESSION OF HAIRY BEGGARTICKS (*Bidens*
sp.) AND SOYBEAN**

***Ronaldo Neves*¹; *Mauro Antonio Rizzardí*²**

ABSTRACT – The allelopathy is a natural phenomenon of interference between neighboring plants, generally characterized for negative interactions. The man has thousand of years observes that definitive plants suppress the growth of others, however nor always the mechanisms of this suppression are known, what it makes impracticable its use in weed management programs. Canola produces several allelopathic compounds that influences in the germination and the growth of plants to its surrounding area. The objective of this work was to evaluate in laboratory and greenhouse the allelopathic potential of canola on the germination, speed of emergency and biomass of the soybean and the Hairy Beggarticks (*Bidens* sp.), as well as identifying to variability of the allelopathic potential in the genotypes Hyola 43, Hyola 60 and Hyola 420. In the three trials, it was used the completely random design, as factorial. The laboratory and greenhouse trials showed that the water extracts of canola crop as well as it's straw had negative influence on percentage of germination and emergency speed of Hairy Beggarticks and Soybean, without biological mass influence over them. Also variability in the alelopathic potential in the studied genotypes was evidenced.

Key Words: allelochemicals, allelopathy, brassicaceae, glucosinolates, phytotoxines, secondary metabolites, weed.

¹ Student of Master Degree Post Graduation Program in Agronomy at the University of Passo Fundo (UPF), RS.

² Advisor, Agronomist Engineer, Dr, Professor of Faculty of Agronomy and Veterinary Medicine at UPF (University of Passo Fundo). Grant holder of CNPq.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, o manejo de plantas daninhas vem sendo baseado principalmente no controle químico. Esse freqüente uso de herbicidas, associado ao monocultivo, é uma das principais formas para seleção de plantas daninhas resistentes aos herbicidas.

Os herbicidas, quando utilizados inadequadamente, desequilibram os ecossistemas, alterando as propriedades físicas e/ou químicas da água e do solo. Apesar disso, é inegável que os herbicidas contribuem consideravelmente com a produção de alimentos, mas a sociedade está questionando seus possíveis impactos na saúde e ambiente. Sendo assim, métodos alternativos de controle de plantas daninhas são desejados e devem ser buscados. Em função disto, a alelopatia, que, no caso dos vegetais, é um fenômeno natural de interferência entre plantas vizinhas, geralmente caracterizado por interações negativas, tem despertado interesse de pesquisadores do mundo inteiro, principalmente no que diz respeito à utilização de culturas com potencial alelopático e identificação de novas moléculas herbicidas.

Nesse sentido, a identificação e seleção de genótipos de espécies vegetais com maior atividade alelopática é fundamental para o desenvolvimento da cultura subsequente, com menor interferência de plantas indesejáveis.

As plantas daninhas representam um sério problema às lavouras, pois causam perdas no rendimento da cultura e aumento dos custos de produção, o que torna inevitável o seu

controle. Assim sendo, inovações não-herbicidas para o manejo das populações de plantas daninhas são crescentes e necessárias no mundo inteiro. Dentre essas, a alelopatia evidencia-se como uma ciência promissora.

Na agricultura, métodos naturais, como a estratégia de usar a alelopatia no manejo de plantas daninhas, podem reduzir o uso de muitos produtos químicos. Os benefícios de tais alternativas naturais podem ser obtidos através da implantação de culturas potencialmente alelopáticas, por exemplo, antecedendo as culturas de verão. A utilização do potencial alelopático das culturas é importante principalmente no sistema de plantio direto, em que o uso da palha torna-se imprescindível, já que, além de sombreamento e barreira física, a palha da cultura antecessora pode exercer efeito alelopático.

Também existem indícios sobre um diferente controle genético da biossíntese de aleloquímicos entre cultivares; por isso, há relevância na identificação de genótipos de canola que possuam maior potencial alelopático. Em existindo variabilidade, é possível desenvolver genótipos com maior potencial alelopático que, utilizados em associação com outros métodos de manejo de plantas daninhas, podem reduzir a dependência de herbicidas e diminuir, assim, os custos de produção, sem ocasionar perdas na produtividade das culturas.

É importante mencionar que, o cultivo da canola, cultura que teve seu potencial alelopático avaliado neste trabalho, é fomentado nos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná, pela qualidade do óleo comestível, em especial devido ao baixo índice de gordura saturada. Essa cultura, segundo Tomm

(2000), também constitui uma ótima opção para compor sistemas de rotação com cereais de inverno, por não ser suscetível às mesmas doenças dos cereais de inverno e ter, ainda, capacidade de se desenvolver em solo com baixa disponibilidade de fósforo.

Nos últimos dez anos, os pesquisadores brasileiros aumentaram seu interesse sobre a resistência de plantas daninhas, devido ao surgimento de plantas resistentes aos herbicidas. Assim, desenvolver novas tecnologias para o manejo de plantas daninhas é uma constante nos dias de hoje. Nesse contexto, a presente pesquisa objetiva oferecer subsídios para auxiliar no manejo integrado de plantas daninhas, além de subsidiar trabalhos futuros que visem à identificação molecular de compostos alelopáticos para desenvolvimento de novos herbicidas provenientes de plantas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar em laboratório e em casa de vegetação o potencial alelopático da canola sobre a germinação, velocidade de emergência e biomassa da soja e do picão-preto (*Bidens* sp.), bem como identificar variabilidade do potencial alelopático nos genótipos Hyola 43, Hyola 60 e Hyola 420.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Alelopatia e o manejo de plantas daninhas

As plantas daninhas pertencem a uma categoria de vegetais selecionada pela intervenção da atividade humana na natureza. São indesejáveis, pois causam prejuízos econômicos, redução na produtividade das culturas, aumento

dos custos de produção e afetam diretamente as atividades humanas (RADOSEVICH et al., 1997).

Atualmente, a principal ferramenta de controle de plantas daninhas em lavouras comerciais é o uso de herbicidas, que supera todas as outras formas de controle (biológico, manual, mecânico, cultural e outros). Além de altamente eficientes, os herbicidas oferecem a possibilidade de controle em larga escala, de maneira prática, rápida e econômica. Apesar das vantagens, o uso freqüente e indiscriminado de herbicidas com mesmo mecanismo de ação pode provocar o surgimento de plantas daninhas resistentes. Além disso, os herbicidas também podem ser tóxicos ao homem e aos animais, poluir o solo e a água e deixar resíduos nos produtos colhidos (ROMAN, 2001).

Nesse sentido, a dificuldade de controle de algumas plantas daninhas resistentes, o custo com aplicação de herbicidas e os problemas toxicológicos, causados ao homem e ao ambiente pelos produtos químicos, têm aumentado o interesse em métodos naturais de controle, ou seja, que não utilizem herbicidas.

Os problemas de resistência de plantas daninhas a herbicidas surgiram a partir dos anos 80, com o desenvolvimento de produtos altamente eficientes e seletivos, porém sensíveis ao problema da resistência (CARVALHO, 2004). Por isso, nos últimos anos, vem aumentando a necessidade de pesquisas sobre métodos alternativos de controle de plantas daninhas. O método químico apresenta limitações econômicas, toxicológicas e ambientais, e devido a

este fato, a busca de métodos alternativos para o controle de infestantes, baseados em princípios biológicos, fisiológicos e ecológicos das plantas daninhas, assume papel de destaque na ciência das plantas daninhas (BALBINOT Jr et al., 2002).

Herbicidas pré-emergentes e a maioria dos métodos mecânicos de controle de plantas daninhas são usados visando a dar à cultura um período de crescimento inicial livre de plantas daninhas. Após a aplicação do herbicida ou após o controle mecânico, as plantas daninhas podem voltar a crescer, mas elas terão um efeito limitado sobre uma cultura bem estabelecida, visto que, entre os vegetais, há vantagem para quem primeiro se estabelece. Similarmente, resíduos orgânicos de palha, freqüentemente, perdem eficácia após algumas semanas, devido à decomposição da biomassa e decomposição das toxinas alelopáticas, mas a palha pode ser ainda uma efetiva ferramenta se ela suprimir as plantas daninhas pelo período mínimo necessário livre destas plantas (MOHLER, 1997).

O manejo integrado de plantas daninhas enfatiza as combinações de técnicas e conhecimentos que considerem as causas dos problemas, em lugar de reagir aos problemas depois que eles aconteçam. A meta do manejo é otimizar o rendimento da cultura e o lucro pelo uso combinado de táticas preventivas, eficiência no manejo, monitoramento da produção e manejo eficiente das práticas de controle (BUHLER, 2002).

Atualmente, a maior parte da área cultivada no Brasil usa o sistema de plantio direto, o que facilita o manejo de plantas daninhas através da alelopatia, já que um dos

requisitos básicos para o sistema é a presença de cobertura morta, na forma de palhada. A cobertura morta funciona como camada isolante entre a atmosfera e o solo, alterando as condições de temperatura e umidade do solo e diminuindo as suas amplitudes, além de liberar compostos aleloquímicos que inibem a germinação das sementes ou o desenvolvimento das plântulas de determinadas espécies, conforme a cultura que forma essa cobertura morta (ALMEIDA, 1991a). Em relação ao plantio direto, assume maior importância os efeitos alelopáticos das substâncias liberadas por lixiviação dos resíduos da parte aérea ou subterrânea das plantas (ALMEIDA e RODRIGUES, 1985).

Theisen e Vidal (1999) afirmam que a manutenção de grande quantidade de palha sobre o solo proporciona pelo menos quatro benefícios ao agricultor: proteção do solo contra a erosão, otimização da fertilidade, aumento da população de micro e mesofauna e redução de plantas daninhas. Eles também mencionam que no sistema de plantio direto a presença de cobertura morta é indispensável. E que é ainda melhor se esta cobertura, além de exercer efeitos físicos sobre a germinação de plantas daninhas, também liberar aleloquímicos que influenciem negativamente a germinação das sementes ou o desenvolvimento das plântulas daninhas. Os mesmos autores afirmam ainda que os resíduos vegetais na superfície do solo alteram a umidade, luminosidade e temperatura do solo, principais elementos no controle da dormência e germinação das sementes, além de atuarem como barreira física, por efeitos químicos, como alterações na

relação C/N do solo e alelopatia e por favorecer o aparecimento de insetos e fungos, muitos dos quais predadores e hospedeiros de sementes e parte aérea das plantas daninhas.

Aparentemente, existem diferenças entre monocotiledôneas e dicotiledôneas na sensibilidade aos aleloquímicos (NORSWORTHY, 2003). Em função disso, é possível até a pesquisa de seletividade alelopática no manejo de plantas daninhas.

Por fim, deve-se ressaltar que um dos princípios básicos do manejo de plantas daninhas é que uma única prática de controle nunca é suficiente. Por esse motivo, não deve ser esperado que somente a alelopatia possa controlar todas as plantas daninhas em um agroecossistema. Portanto, com base no que se conhece hoje, a alelopatia deve ser vista como uma estratégia a mais no manejo de plantas daninhas.

2.2 Alelopatia e competição

Tanto a alelopatia, como a competição, são tipos de interferências existentes nas comunidades vegetais, inclusive em agroecossistemas. A interferência representa a soma de interações negativas entre plantas, incluindo competição e alelopatia (RIZZARDI et al., 2001). Sabendo que alelopatia e competição são interações negativas, é fundamental diferenciar as duas, tendo em vista que muitas vezes estes termos são utilizados como sinônimos.

Alelopatia é qualquer alteração direta ou indireta que uma planta exerce sobre a outra através de metabólitos

secundários denominados aleloquímicos, o que caracteriza um tipo de relação ecológica denominada amensalismo, na qual um indivíduo produz substâncias químicas que inibem o crescimento de outros ao seu redor (RADOSEVICH et al., 1997).

Todas as plantas produzem metabólitos secundários, que variam em qualidade e quantidade de espécie para espécie, até mesmo na quantidade do metabólito de um local de ocorrência ou ciclo de cultivo para outro, pois muitos deles têm sua síntese desencadeada por eventuais vicissitudes a que as plantas estão expostas. A resistência ou tolerância aos metabólitos secundários que funcionam como aleloquímicos é mais ou menos específica, existindo espécies mais sensíveis que outras, como por exemplo, *Lactuca sativa* (alface) e *Lycopersicon esculentum* (tomate), por isso mesmo muito usadas em biotestes de laboratório (FERREIRA e AQUILA, 2000).

Cabe ressaltar que a liberação de metabólitos secundários traz benefícios à planta que os libera, pois se uma planta pode reduzir o crescimento das plantas vizinhas pela liberação de compostos químicos no solo, isso pode ter como consequência maior chance de acesso à luz, à água e aos nutrientes, portanto, propicia, sua maior adaptação evolutiva (TAIZ e ZEIGER, 2004). Nesse sentido, a alelopatia confere vantagens às plantas que, ao longo da evolução, desenvolveram um potencial alelopático.

Embora a alelopatia possa ser verificada entre todos os organismos, é nas plantas que ela é mais comum e evidente. É

um mecanismo de defesa contra patógenos, pragas, herbívoros e outras plantas. Mesmo depois de mortas, as substâncias alelopáticas ainda se mantêm nos seus tecidos, de onde são liberadas por volatilização, se forem produtos voláteis, ou por lixiviação, através de orvalho e chuva, se forem solúveis na água, sendo arrastados para o solo, onde, ao atingirem a concentração necessária, podem influenciar o desenvolvimento dos microrganismos e das plantas que nele se encontram (ALMEIDA, 1991b).

El-Khawas e Shehata (2005) caracterizam a alelopatia como uma interação através de sinais químicos, que ocorre entre plantas. O termo alelopatia refere-se, na maioria das vezes, às interações químicas, normalmente negativas entre as plantas. Entretanto, sabe-se que os efeitos alelopáticos podem ser benéficos, favorecendo o crescimento de um ou mais órgãos vegetativos da planta (ALMEIDA, 1988). O ideal é obter efeitos positivos na cultura (doadora) e negativos sobre as plantas daninhas (receptora), condição nem sempre obtida no campo.

Se for focado, porém, o lado negativo, algumas vezes o efeito alelopático ocorre sobre a cultura. Caso constatado por Busnello et al. (2002), em que restos culturais de aveia e azevém inibiram significativamente a germinação e desenvolvimento da soja através de seus efeitos alelopáticos. Ainda, em se tratando de efeitos negativos e positivos da alelopatia, Santos et al. (1992) constataram inibição na velocidade e porcentagem de emergência do caruru-de-mancha (*Amaranthus viridis*), uma planta infestante presente

na maioria das lavouras cafeeiras do Brasil, em função de extratos de casca de arroz e café. E, por outro lado, verificaram que os mesmos extratos estimularam o crescimento da mesma planta. Estes resultados, e muitos outros, comprovam a existência dos efeitos alelopáticos positivos, pelo menos em condições experimentais.

Deve-se considerar também que, quando não há envolvimento de fatores essenciais ao crescimento (água, luz e íons) e ocorre inibição de uma cultura pelos resíduos da mesma espécie, o efeito denomina-se autotoxicidade e quando é decorrência de outra espécie, alelopatia.

Wu et al. (1999) afirmam que, até o momento, a maior parte dos efeitos alelopáticos identificados são inibitórios. Esta inibição é causada por substâncias fitotóxicas que são liberadas diretamente da raiz (exsudação e volatilização), mas também passível de acontecer durante a decomposição da palha.

Diferentemente da alelopatia, a competição é caracterizada por Radosevich et al. (1997) como a tendência de plantas vizinhas em disputar os mesmos recursos. A competição pode ser interespecífica ou intra-específica e normalmente se dá por fatores abióticos (água, luz e íons).

Mesmo alelopatia sendo um termo comum para designar relações ecológicas desarmônicas entre plantas, é necessário lembrar que muitos microrganismos também demonstram potencial alelopático (BARAZANI e FRIEDMAN, 2001). Estes autores relatam a produção e lançamento de aleloquímicos por bactérias, que afetam diretamente plantas suscetíveis, ou

indiretamente pela supressão de um simbiote essencial. Assim sendo, fica claro, que a ação alelopática entre plantas pode ocorrer diretamente sobre os tecidos da planta receptora, interferindo ativamente no metabolismo celular, ou indiretamente, quando o aleloquímico liberado altera o solo ou a atividade dos microrganismos que nele vivem. Tomando-se como exemplo a cultura da soja, pode ocorrer redução no número de nódulos e, conseqüentemente, interferência na fixação de nitrogênio.

Existem inúmeros exemplos dos efeitos alelopáticos exercidos entre plantas e microrganismos. Cardoso Filho (2003) observou que, extratos aquosos etanólicos e metanólicos de albedo de laranja (*Citrus sinensis*) foram efetivos em inibir o crescimento de estruturas utilizadas por fungos durante o processo de infecção, revelando assim sua ação alelopática. Os compostos alelopáticos também podem ser responsáveis pelos efeitos tóxicos de plantas frente a insetos, nematóides, fungos e outras plantas. Outro efeito alelopático freqüentemente mencionado é o aumento da taxa respiratória. Por exemplo, Zeng et al. (2001) encontraram aumento na taxa respiratória em plantas de nabo, como efeito alelopático decorrente da aplicação de um ácido extraído de *Aspergillus japonicus*.

Finalmente, é possível dizer que a alelopatia se dá pela adição de substâncias ao meio, enquanto na competição ocorre a retirada de componentes do meio.

2.3 Substâncias alelopáticas

Os vegetais produzem e liberam no ambiente substâncias que podem afetar, de forma positiva ou negativa, outras plantas. Como já foi mencionado, estas substâncias podem ser voláteis, sendo exaladas dos órgãos em que são elaboradas para entrar na atmosfera de outras plantas. No caso dos líquidos, podem ser lixiviados da parte aérea ou subterrânea no sentido da planta para o solo. E em se tratando de tecidos mortos, pode haver a liberação de aleloquímicos durante o processo de decomposição.

Substâncias alelopáticas são geralmente classificadas como compostos secundários das plantas, sendo que a maioria se origina de acetato ou de aminoácidos. Entretanto, há considerável diversidade química entre estes compostos, podendo ser ácidos fenólicos, cumarina, terpenóides, alcalóides, flavonóides, etileno e várias outras substâncias. Numerosos compostos alelopáticos produzidos pelas plantas cultivadas, que se mostram inibitórios para diversas plantas daninhas, devem agir como eficientes herbicidas naturais (CASTRO et al., 1983; ALMEIDA, 1988; OSORNIO et al., 1996). As plantas possuem milhares de compostos alelopáticos; em algumas delas já foram encontrados mais de 100 compostos alelopáticos (ALMEIDA, 1988).

Os metabólitos secundários, anteriormente chamados de aleloquímicos, não têm função direta no crescimento da planta, mas servem de adaptação defensiva. Por exemplo, coníferas secretam uma mistura complexa de monoterpenos em resposta ao ataque de insetos. Tal secreção defensiva pode conter mais

de trinta monoterpenos, inclusive limoneno e pineno, que são tóxicos aos insetos (MAHMOUD e CROTEAU, 2002). Como decorrência desse fato, fica claro que os compostos alelopáticos muitas vezes são sintetizados em condições de estresse.

Muitos compostos secundários geralmente produzidos pelas plantas, micróbios e animais são resultado da co-evolução de organismos, por isso, os compostos têm atividade biológica. Às vezes, a função do composto na natureza é fitotóxica, como fitotoxinas produzidas pelos patógenos da planta ou aleloquímicos produzidos por plantas alelopáticas (DUKE et al., 2002).

É sabido que a liberação das substâncias alelopáticas no ambiente pode se dar através dos processos de volatilização, lixiviação, exsudação radicular e decomposição microbiana. Assim sendo, as taxas de liberação destas substâncias dependem da sua forma de liberação, de sua concentração nos tecidos e das condições do ambiente. Entretanto, pela dificuldade de monitoramento, pouco se sabe sobre o modo de ação dessas substâncias, especialmente em condições de campo.

Após a liberação, devido os compostos alelopáticos serem moléculas orgânicas, geralmente sofrem rápida transformação no solo. Muitas vezes essa transformação ocorre por ação microbiana, podendo tornar os compostos alelopáticos inertes ou mais eficazes como fitotoxinas (PIRES e OLIVEIRA, 2001).

Ainda, com relação à transformação dos aleloquímicos, os glucosinolatos são um grupo de glicosídeos que permanecem armazenados dentro dos vacúolos celulares de todos os vegetais da família da brassicáceas. Quando a estrutura celular da planta é rompida, por exemplo, durante a preparação de extratos, a enzima mirosinase, presente nas células vegetais, promove a hidrólise dos mesmos, originando D-glicose e uma série de compostos diferentes como os isotiocianatos, tiocianatos, nitrilas e índoles, dependendo de diversas condições, como o pH, a temperatura e a estrutura do substrato (Figura 1). A mirosinase é uma enzima encontrada em células vegetais que catalisa uma variedade de produtos hidrolisados, incluindo isotiocianatos e tiocianatos, referidos como potentes substâncias alelopáticas.

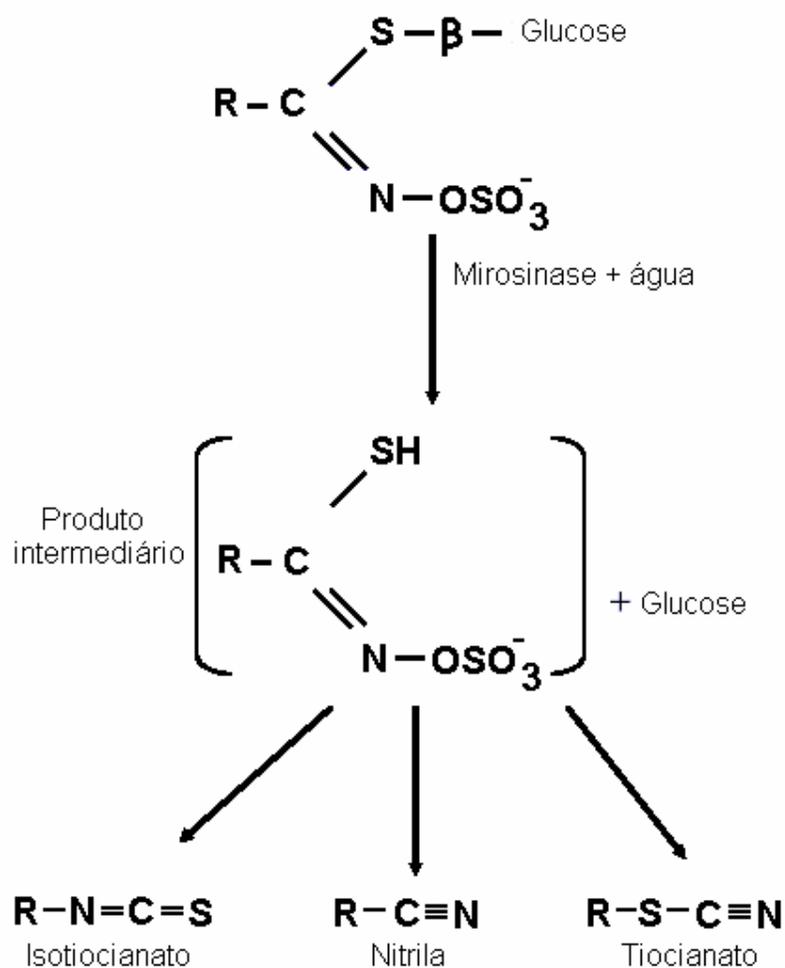


Figura 1. Esquema da reação enzimática a que estão sujeitos os glucosinolatos, compostos alelopáticos presentes na canola (adaptado de PTERSEN et al., 2001; BIALY et al., 1990).

Transformações como as descritas anteriormente ocorrem com os glucosinolatos presentes na canola, que por ação de enzimas existentes no solo se decompõe em nitrila, isotiocianatos, tiocianato e ácido ticiânico (HEINZMANN, 1999).

Portanto, existem várias maneiras de se denominar os compostos químicos liberados por organismos no ambiente, de forma que, no restante desta revisão, substâncias alelopáticas, fitotoxinas, aleloquímicos ou metabólitos secundários devem ser compreendidos como sinônimos.

2.4 Ação alelopática

Os efeitos dos aleloquímicos vêm sendo observados há anos. Castro et al. (1983) mencionam que em um documento japonês de 300 anos atrás, Banzan Kumazawa observou que a água da chuva que lava as folhas de *Pinus densiflora* é prejudicial às plantas que se desenvolvem sob essa árvore.

Vários trabalhos foram conduzidos, nos últimos anos, na tentativa de avaliar o potencial alelopático das plantas cultivadas em relação às espécies infestantes (JACOBI e FLECK, 2000). As ações alelopáticas nas culturas são do conhecimento empírico dos agricultores desde os primórdios da agricultura e responsáveis pelo que chamavam de “cansaço das terras”. O pousio, a que periodicamente sujeitavam os campos de cultivo até o advento dos fertilizantes, destinava-se não só a reduzir a incidência de pragas, doenças e infestantes como também restaurar os terrenos desse “cansaço”, que incluía tanto a noção de reconstituição da fertilidade como a do restabelecimento da “doença da terra” (ALMEIDA, 1988).

Atualmente está sendo possível elucidar as causas do misterioso cansaço das terras observado pelos antepassados. Na opinião de Almeida (1988), um dos sintomas atribuídos à alelopatia, diagnosticado com maior frequência nas plantas, é o

da inibição da assimilação de nutrientes. O que pode explicar, pelo menos em parte, a “doença da terra” mencionada anteriormente.

Muitas vezes é difícil diferenciar o efeito alelopático de restos culturais do efeito físico que eles proporcionam. No entanto, Radosevich et al. (1997) afirmam que, independentemente da dificuldade em distinguir os efeitos alelopáticos de outros tipos de interferência, há informações acumuladas que indicam a alelopatia como uma importante forma de interferência entre plantas.

Para Pires e Oliveira (2001), geralmente, os aleloquímicos agem produzindo mudanças nas funções fisiológicas das plantas como respiração, fotossíntese e absorção de íons. Essas mudanças resultam em alterações visíveis na germinação e na redução do desenvolvimento das plantas. Numerosos compostos alelopáticos produzidos pelas plantas cultivadas, que se mostram inibitórios para diversas plantas daninhas, devem agir como eficientes herbicidas naturais. Ainda, segundo estes autores, a presença de fitotoxinas no solo se deve, geralmente, à percolação das substâncias da planta durante a chuva, à exsudação pelas raízes e à decomposição de resíduos vegetais.

Novamente, em relação à ação dos aleloquímicos como herbicidas naturais, Dezotti et al. (2002) salientam que a alelopatia tem permitido o estudo de produtos naturais com propriedades herbicidas, fungicidas e/ou farmacológicas, podendo proporcionar controle sistemático da poluição na agricultura. Macías et al. (1998) vão além, afirmando que os

aleloquímicos são de fato herbicidas naturais. Todavia, cabe ressaltar que Almeida (1991b), trabalhando com extratos aquosos de diversos materiais vegetais, aplicados como se fossem herbicidas, em aplicações pré ou pós-emergentes, não evidenciou ação herbicida. Por outro lado, levando-se em conta o aspecto positivo, os esforços para introduzir aleloquímicos produzidos naturalmente, como agentes reguladores do crescimento de plantas na agricultura, já revelaram dois herbicidas comerciais, phosphinothricin, um produto de *Streptomyces viridochromogenes*, e bialaphos extraído de *S. hygrosopicus*.

Para Nelson (1996) a alelopatia e suas implicações originou discussões e debates durante várias décadas, fundando um conjunto de evidências sobre sua existência, mas pequenas informações definitivas sobre seus mecanismos de ação. Também, não é bem esclarecida a interação aleloquímica entre plantas.

A natureza é cheia de materiais bioativos e compostos com propriedades inexploradas e o maior interesse nestes bioativos naturais é descobrir seus sítios de ação para identificação de novas moléculas herbicidas (DUKE et al., 2002). Neste sentido, a alelopatia não pode ser considerada uma hipótese, mas sim uma ciência promissora, especialmente no Brasil, devido à biodiversidade existente na natureza.

Hadacek (2002) menciona a interferência de aleloquímicos, relacionando à habilidade dessas pequenas moléculas para ligar-se a regiões receptoras de várias proteínas como chaves em fechaduras, possivelmente

interferindo em rotas metabólicas. As funções de metabólitos secundários em plantas incluem capacidade atrativa, como pigmentos de cor e odores, repelente contra insetos e mamíferos, ou toxinas que afetam crescimento e desenvolvimento de vizinhos.

Como já foi enfatizado, está claro que as ações alelopáticas existem, por mais que nem sempre sejam facilmente compreendidas, contudo estudar sua variabilidade dentro das espécies, seu controle genético e mecanismos de ação é fundamental para aumentar a habilidade competitiva das culturas.

2.5 Genética da alelopatia

Wu et al. (1999) mencionam que existe variabilidade genética da característica alelopática dentro da própria espécie da cultura. Isso oferece um potencial genético para a seleção de cultivares com maior habilidade alelopática. Assim, o desenvolvimento futuro de cultivares alelopáticos provavelmente dependerá da compreensão clara do controle genético da alelopatia.

A manipulação genética da produção e exsudação de aleloquímicos é um dos meios mais promissores para o desenvolvimento de cultivares alelopáticos. Em vez de selecionar os cultivares alelopáticos existentes passivamente, poderiam ser incorporados genes “alelopáticos” ativamente nestes e, assim, manipular a biossíntese e liberação de aleloquímicos, aumentando a habilidade da cultura em suprimir plantas daninhas. Neste caso, uma opção seria a transferência

de genes dentro de uma mesma espécie, por exemplo, entre cultivares, caso haja variabilidade nos genomas. Entretanto, isso só será possível quando forem identificados os genes que comandam a produção e liberação de aleloquímicos. Também, há possibilidade de se trabalhar com o silenciamento, ou ao contrário, a superexpressão gênica.

Existem previsões de que o uso de herbicidas pode ser reduzido se os genes para efeitos alelopáticos puderem ser identificados e transferidos entre genótipos (Wu et al., 1999). Esses autores também mencionam a importância de se desenvolver marcadores genéticos relacionados à alelopatia.

Evidentemente, muito antes de tais técnicas serem implementadas, são necessários trabalhos no sentido de identificar culturas e genótipos com maior potencial alelopático.

2.6 Extratos alelopáticos

A maior parte dos compostos secundários com ação alelopática é liberada na forma de solutos aquosos (ALMEIDA, 1988). Assim sendo, em grande parte dos trabalhos que envolvem avaliação do potencial alelopático, costuma-se realizar, em laboratório, testes de germinação e crescimento de plântulas envolvendo extratos aquosos. Entretanto, solventes orgânicos ou inorgânicos a frio ou a quente também são utilizados na elaboração dos extratos.

E apesar dos avanços na engenharia genética, procedimentos relativamente simples como, por exemplo, bioensaios utilizando extratos alelopáticos, integram muitos estudos de alelopatia (PIRES e OLIVEIRA, 2001). Produtos

naturais são fonte de muitos pesticidas, usados diretamente como extratos brutos ou como compostos puros. Assim, ao invés de serem usados diretamente, muitos são usados para descoberta e desenvolvimento de pesticidas a partir de produtos naturais. Existem muitos exemplos desses produtos naturais usados como fungicidas, inseticidas e até herbicidas. Entre eles, Actinonin, Breleldin, Fumonisin, Sorgoleone, Tentoxin, Tricolorin, Thiolactomycin e Bialaphos (DUKE et al., 2002).

Com relação aos exemplos de extratos com atividade alelopática, Chon et al. (2002), afirmam que extratos de plantas de alfafa afetam significativamente o crescimento e diferenciação morfológica de plantas suscetíveis, resultando na redução de sua biomassa na presença de um composto alelopático. Moléculas aleloquímicas que ocorrem naturalmente em plantas como *Eurycoma longifolia*, *Brucea* spp, *Quassia indica*, *Castela* spp e *Ailanthus* spp, foram fitotóxicas e reduziram o crescimento da radícula de alface (*Lactuca sativa*) e afetaram todas as fases da mitose em cebola (*Allium cepa*), na zona de crescimento da raiz (DAYAN et al., 1999).

Souza Filho e Alves (2000) encontraram que extratos aquosos de folhas e casca de acapu (*Vouacapoua americana*) reduziram a germinação das sementes de malícia e malva, onde as reduções máximas foram promovidas pelos extratos de folhas, para as duas plantas invasoras. Em outro trabalho, Souza Filho (2002) comprovou que extratos hidroalcoólicos da parte aérea, raízes e sementes e extratos brutos de sementes de *Canavalia ensiformis* exerceram efeitos alelopáticos sobre a

germinação de sementes e sobre o alongamento da radícula das plantas daninhas *Mimosa pudica*, *Urena lobata*, *Senna obtusifolia*, *Senna occidentalis*. Nesse trabalho, independentemente da espécie receptora, as sementes, seguidas das raízes, foram as principais fontes de substâncias químicas com atividade potencialmente alelopática.

Além da ação alelopática, também existe a possibilidade de que extratos de plantas possam inibir a germinação de sementes não necessariamente devido aos seus constituintes químicos, mas sim, em função do potencial osmótico do extrato (MAZZAFERA, 2003). Khalid et al. (2002) mencionam que, além das substâncias orgânicas tóxicas formadas durante a decomposição de resíduos da planta no solo, a fitotoxicidade pode ser aumentada pelo aumento da salinidade.

2.7 Origem da canola

A origem da canola está ligada ao cultivo das sementes oleaginosas conhecidas como sementes de colza, das quais atualmente é extraído um óleo comestível com baixo teor de gorduras saturadas. No Japão do século VI, a colza era consumida como verdura. Mais tarde, no século XIV, o óleo foi usado pelas civilizações antigas. O valor como gordura comestível começou no século XVII, quando se desenvolveu no Japão o costume de comidas fritas em óleo de colza (BAIER et al., 1989).

O gênero *Brassica* consiste de aproximadamente 100 espécies, inclusive a espécie *Brassica napus* L. var. *oleifera* (conhecida como Canola – CANadian Oil, Low Acid). A canola

foi desenvolvida a partir da colza (*Brassica napus*) para ter qualidades nutritivas superiores e menor quantidade de ácido erúxico. Sendo assim, a canola é resultante do melhoramento genético da colza (*B. napus* e *B. campestris*, espécies conhecidas por colza), visando a obter variedades que contenham menos de 2% de ácido erúxico no óleo e menos de 3 µg de glucosinolatos por grama de matéria seca livre de óleo (SANTOS et al., 2000). A “colza”, cujo óleo é comestível, também é referida como sendo um híbrido entre as espécies *B. nigra* e *B. juncea* (LORENZI, 2000).

2.8 A cultura da canola no sistema de produção

A partir de 1980, a disponibilidade de cultivares de *B. napus* altamente produtivas e livres de ácido erúxico, substância tóxica que compromete nutritivamente o óleo e o farelo dos seus órgãos, bem como a perspectiva de utilização desse óleo como combustível alternativo, especialmente para tratores nas fazendas, favoreceram a expansão do cultivo dessa oleaginosa no estado gaúcho (SILVEIRA et al., 1992). Atualmente, vários genótipos de canola estão disponíveis no mercado brasileiro, dentre eles, os híbridos Hyola 43, 60, 401 e 420, os quais têm comercialização assegurada da produção por empresas interessadas no refino e comercialização do óleo comestível.

Segundo Santos et al. (2000), o óleo de canola tem aceitação no mercado por suas qualidades saudáveis na alimentação humana, ou seja, baixo índice de gordura saturada. Além disso, esse óleo tem elevado teor de gorduras

insaturadas, que pode, preventivamente, reduzir os riscos de doenças circulatórias e coronarianas. Em relação ao cultivo, nos últimos cinco anos, o interesse na cultura tem se mantido, e até se renovado, com investimentos em importação e comercialização de sementes, assistência técnica e fomento realizado por cooperativas e empresas no Paraná e no Rio Grande do Sul. Como cultura de inverno, a canola está se consolidando como alternativa rentável para o agricultor no sul do país (TOMM, 2000).

2.9 Canola como cultura potencialmente alelopática

Dentre as possíveis estratégias para usar a alelopatia no manejo de plantas daninhas, destaca-se a utilização da cobertura morta e de espécies e genótipos com maior potencial alelopático (TREZZI, 2002). Muitas espécies brassicáceas, como é o caso da canola, são conhecidas por serem potencialmente alelopáticas. De acordo com Chew (1988) apud Eberlein (1998), espécies do gênero *Brassica* sintetizam grande quantidade de glucosinolatos, que são convertidos em uma variedade de potenciais aleloquímicos, incluindo tiocianatos e nitrilas.

Alguns produtos da decomposição dos glucosinolatos contidos nas brássicas, também são referidos como sendo repelentes. Brown et al. (1991) afirmam que uma variedade de pragas de plantas é suprimida pela incorporação do material destas plantas no solo. Além de gerar produtos com capacidade repelente, a hidrólise dos glucosinolatos gera os isotiocianatos, compostos com grandes propriedades

antibióticas (CHOESIN et al., 1991). Os glucosinolatos também são referidos como sendo uma defesa natural de plantas contra a herbivoria, visto que são tóxicos para a maioria dos animais (JÖNSSON, 2005).

Existem evidências suficientes para sugerir que esses glucosinolatos contidos em tecidos de plantas da família brassicaceae produzem aleloquímicos que são eficazes herbicidas. Bialy et al. (1990) salientam que vários glucosinolatos e isotiocianatos inibem significativamente a germinação de trigo na concentração de 500 ppm. Os mesmos autores mencionam que plantas do gênero *Brassica* e também outras espécies podem ser utilizadas entre os cultivos para controlar plantas daninhas.

Em relação à influência de restos culturais da canola, Santos et al. (1991) mencionam que, em anos relativamente secos e onde a decomposição da palha é lenta, o rendimento, a população final de plantas e a altura de inserção dos primeiros legumes de soja foram prejudicados, após a cultura da colza, evidenciando assim seu potencial alelopático. Os mesmos autores ainda mencionam que os efeitos negativos de restos culturais da colza sobre a soja, em sistema plantio direto, diminuem a estatura e a produtividade das plantas. Entretanto, deve-se considerar o genótipo envolvido.

Com relação a bioensaios utilizando extratos de canola, Castro et al. (1983) encontraram que extratos de *Brassica napus* L. var. oleifera inibiram eficientemente tanto a germinação como o crescimento da radícula de alface e tomateiro. Estes autores também relatam que a canola afeta o

desenvolvimento de outras espécies cultivadas em sucessão a ela. Dietz e Winterhalter (1995) demonstraram que extratos aquosos das folhas de *Bunias orientalis*, pertencente a mesma família da canola, inibiram a germinação em bioensaios de placas de petri. Inicialmente eles testaram três espécies, devido a sua rápida e relativa uniforme germinação. *Matricaria inodora*, *Lactuca sativa*, *Hordeum vulgare* foram utilizadas nesses ensaios e o efeito mais proeminente foi observado sobre a terceira espécie, com a inibição de 50% da germinação comparando com o controle. Resultados como esses, somadas a afirmações como a de Wu et al. (1999), de que plantas cultivadas têm capacidade para produzir e exsudar aleloquímicos ao seu redor, suprimindo o crescimento de plantas daninhas em sua vizinhança, despertam grande interesse no potencial alelopático de culturas como a canola, por exemplo.

De acordo com Trezzi (2002), o primeiro passo para o isolamento de uma substância vegetal é a obtenção da matéria-prima, que pode ser coletada diretamente dos tecidos ou do meio em que as plantas se encontram. A obtenção de substâncias diretamente das plantas pode envolver a produção de extratos, através da retirada de substâncias presentes em seus tecidos com solventes (orgânicos ou água), ou mesmo pela coleta de compostos liberados por partes de plantas, como raízes (exsudados).

O efeito de supressão exercido pela cultura sobre sua vizinhança, freqüentemente não interfere apenas nas plantas presentes no momento, mas também em culturas

subseqüentes (CASTRO et al., 1983). Nesse caso, comprovando-se a alelopatia da canola, ela poderá ser utilizada como uma alternativa na rotação de culturas, gerando palha antes da instalação de uma cultura como a soja, por exemplo.

Atualmente tem-se avaliado o potencial alelopático de várias plantas com o objetivo de uso como método de controle alternativo. Sem dúvida é possível o uso da alelopatia no controle de plantas daninhas, porém é necessário primeiramente avaliar o potencial alelopático da planta, para posteriormente isolar os compostos e esclarecer seus mecanismos de ação (PIRES e OLIVEIRA, 2001). Nesse sentido, poucos compostos secundários de plantas têm mecanismo de ação esclarecido. Portanto, o conhecimento desse mecanismo permite esclarecer o seu comportamento na planta, bem como sua interação com outras moléculas e contribuir para síntese mais racional de novos compostos (TREZZI, 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local dos experimentos

A pesquisa foi realizada no Centro de Extensão e Pesquisas Agropecuárias da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, no Centro de Pesquisa em Alimentação e no Laboratório de Sementes da mesma universidade.

3.2 Experimento 1

O referido experimento foi realizado no Centro de Pesquisa em Alimentação e no Laboratório de Sementes da UPF.

O primeiro passo foi a obtenção da matéria-prima para a elaboração dos extratos aquosos. Para isso foram utilizadas plantas de canola do genótipo Hyola 420 em fase reprodutiva, oriundas das lavouras de produtores da região (Figura 2). A coleta foi feita em setembro de 2003, quando as plantas de canola encontravam-se no final da floração/início da frutificação.



Figura 2. Área de coleta – lavoura de canola. Passo Fundo, RS, 2003.

Com relação ao clima das áreas de coleta em Passo Fundo, as normais climatológicas são as seguintes:

temperatura média anual de 17,5 °C; média das mínimas de 13,2 °C; média das máximas de 23,6 °C; precipitação média anual de 1.787 mm; média anual da umidade relativa do ar de 72%; insolação total de 2.329,6 h; média anual de horas de frio com temperaturas $\leq 7,0$ °C de 422 h, variando de 214 h a 554 h (CUNHA,1997).

O experimento foi arranjado num esquema fatorial, em que os tratamentos constaram de três fatores: extrato (planta seca e planta verde), órgão da planta (raízes, caules e folhas) e concentração do extrato (0, 20, 40, 80 e 100%). Utilizou-se quatro repetições no delineamento experimental inteiramente casualizado.

O preparo dos extratos provenientes de plantas secas foi realizado com órgãos distintos da planta: raízes, caules e folhas (Figura 3), sendo a secagem realizada em estufa a 50°C. Esse material, proveniente das plantas secas, foi acondicionado em embalagens plásticas e posteriormente sofreu trituração em um multiprocessador. Após a trituração completa foi realizada a extração com o solvente selecionado: água destilada (100g de planta seca/1L de água) a 25 °C, em agitador mecânico, durante 24h. Após este período, o material foi centrifugado na rotação de 3.000 rpm durante cinco minutos, coletando-se em seguida o líquido sobrenadante. A solução resultante obtida (10% peso/volume) foi utilizada no preparo das diluições. Empregou-se aí as concentrações 100, 80, 40 e 20% usando-se água destilada como testemunha (zero). O mesmo procedimento foi efetuado na preparação dos extratos aquosos dos materiais obtidos de planta verde.



Figura 3. Órgãos distintos da planta de canola: raízes, caules e folhas. UPF, Passo Fundo, RS, 2004.

Com a finalidade de verificar os efeitos dos extratos assim obtidos sobre a germinação da espécie receptora, papéis de germinação foram embebidos nos extratos e posteriormente receberam 100 aquênios de picão-preto (*Bidens* sp.). Esses aquênios foram anteriormente coletados em infestações naturais da espécie, em área de pousio e lavouras de soja da região. Coletaram-se os aquênios manualmente, maduros, na fase de desprendimento, sendo posteriormente homogeneizados e limpos. O armazenamento dos aquênios até a instalação dos bioensaios foi feito em sacos de papel, em condições ambiente. Os aquênios de picão-preto, anteriormente coletados, foram dispostos uniformemente em número de quatro repetições para cada tratamento, visando a obter um total de 400 aquênios em cada fator e seus respectivos níveis (Figura 4).

Após o fechamento, os rolos foram identificados e colocados em câmara de germinação, permanecendo no local,

3.3 Experimento 2

Esse experimento foi conduzido durante o primeiro ano da pesquisa no Centro de Extensão e Pesquisa Agropecuária da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, em casa de vegetação.

O experimento foi arranjado em esquema fatorial com dois fatores, aleloquímico (palha seca e extrato) e concentração do aleloquímico (0, 50, 100, 150 e 200%), com quatro repetições no delineamento experimental inteiramente casualizado, totalizando 40 parcelas ou unidades experimentais. Para se obter estas concentrações foram coletadas, ao acaso, quatro parcelas de palha equivalentes a 1 m² em uma lavoura de canola, com as quais se quantificou um valor médio de palha por hectare na lavoura, 9500 kg ha⁻¹. A partir deste valor foram calculadas as proporções para parcelas de 0,5 m² utilizadas neste experimento. Obteve-se, assim, os seguintes valores de palha, proporcionalmente ao valor médio por hectare na lavoura, para as respectivas concentrações: 50% = 285 g; 100% = 570 g; 150% = 855 g; 200% = 1140 g. Estes valores equivalem respectivamente a 4750, 9500, 14250 e 19000 kg h⁻¹.

As parcelas de 0,5m² foram instaladas em canteiros montados dentro da casa de vegetação (Figura 5). Anteriormente à disposição das fontes de aleloquímicos nas parcelas, a soja foi semeada manualmente nos canteiros. Juntamente, foram semeados a lanço, sob cada parcela, 100 aquênios de picão-preto. A palha seca de canola foi coletada,

pesada e distribuída na superfície do solo de cada parcela de acordo com as proporções previamente estabelecidas.

Também foram preparados extratos equivalentes às quantidades de palha utilizadas em cada uma das cinco concentrações anteriormente mencionadas. Naqueles tratamentos em que se usou extratos. Esses foram preparados pesando-se a quantidade de palha equivalente às porcentagens de 50, 100, 150 e 200% da palha obtida no campo, respeitando-se as proporções para 0,5 m². A palha foi picada em pequenos pedaços e triturada em um liquidificador industrial no solvente selecionado: água destilada (100 g de planta seca/1L de água). Então os extratos assim obtidos foram distribuídos uniformemente sobre 20 parcelas (sem palha) em única aplicação.



Figura 5. Parcelas de 0,5 m² instaladas em canteiros montados dentro de uma casa de vegetação. UPF, Passo Fundo, RS, 2003.

Todas as parcelas receberam irrigação periódica por aspersão.

Em seqüência, avaliou-se diariamente, durante quinze dias, o número de plantas de picão-preto e soja emergidas,

para a obtenção do índice de velocidade de emergência (IVE) e percentual de plantas normais emergidas. Para o cálculo do índice de velocidade de emergência (IVE) foi utilizada a seguinte equação: $IVE = N_1/D_1 + N_2/D_2 + N_n/D_n$; onde: IVE = índice de velocidade de emergência; N_1 = número de plântulas emergidas no primeiro dia; N_n = número acumulado de plântulas emergidas; D_1 = primeiro dia de contagem; D_n = número de dias contados após a semeadura.

Também foram efetuadas avaliações da biomassa vegetal da parte aérea e raízes das plantas de picão e soja, aos 15, 30 e 45 dias após a emergência. Para isso, procedeu-se a coleta de três plantas de soja e de picão-preto em cada tratamento.

Por fim, os dados coletados no experimento foram submetidos à análise de variância através do teste F e, quando houve efeito significativo das concentrações e de suas interações, essas foram estudadas pela análise de regressão usando os modelos linear e quadrático.

3.4 Experimento 3

Esse experimento foi realizado no Centro de Pesquisa em Alimentação e no Laboratório de Sementes da UPF.

Nesse experimento foi avaliado o potencial alelopático dos genótipos de canola Hyola 43, Hyola 60, Hyola 420, oriundos de lavouras de produtores da região de Passo Fundo.

O primeiro passo foi a obtenção da matéria-prima para a elaboração dos extratos aquosos obtidos de planta seca e verde. Para isso foram utilizadas plantas de canola, dos três

genótipos em fase reprodutiva, oriundas das lavouras de produtores da região. Essas lavouras não eram próximas umas das outras. A coleta foi feita em outubro de 2004, quando as plantas de canola encontravam-se no final da floração/início da frutificação.

No experimento, foi utilizado um esquema fatorial com três fatores: órgão da planta, concentrações do aleloquímico e genótipo, com três repetições no delineamento experimental inteiramente casualizado, em que o fator órgãos da planta teve três níveis (folhas, caules e raízes), o fator concentração teve cinco níveis (0, 20, 40, 80 e 100%) e o fator genótipo teve três níveis (genótipos Hyola 43, 60 e 420).

Os extratos oriundos de plantas secas e verdes e os testes de germinação seguiram a mesma metodologia descrita no primeiro experimento, exceto a etapa em agitador mecânico, durante 24h. Os parâmetros avaliados também foram os mesmos descritos no primeiro experimento.

Os dados coletados nos bioensaios foram submetidos à análise de variância através do teste F e, quando houve efeito significativo das concentrações e de suas interações, essas foram estudadas pela análise de regressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1

O percentual de germinação do picão-preto (*Bidens* sp.) foi influenciado pelo tipo de extrato, oriundo de planta seca ou verde, pelas concentrações dos extratos e pelos órgãos da planta utilizados na preparação dos extratos (Figura 6; Apêndice A).

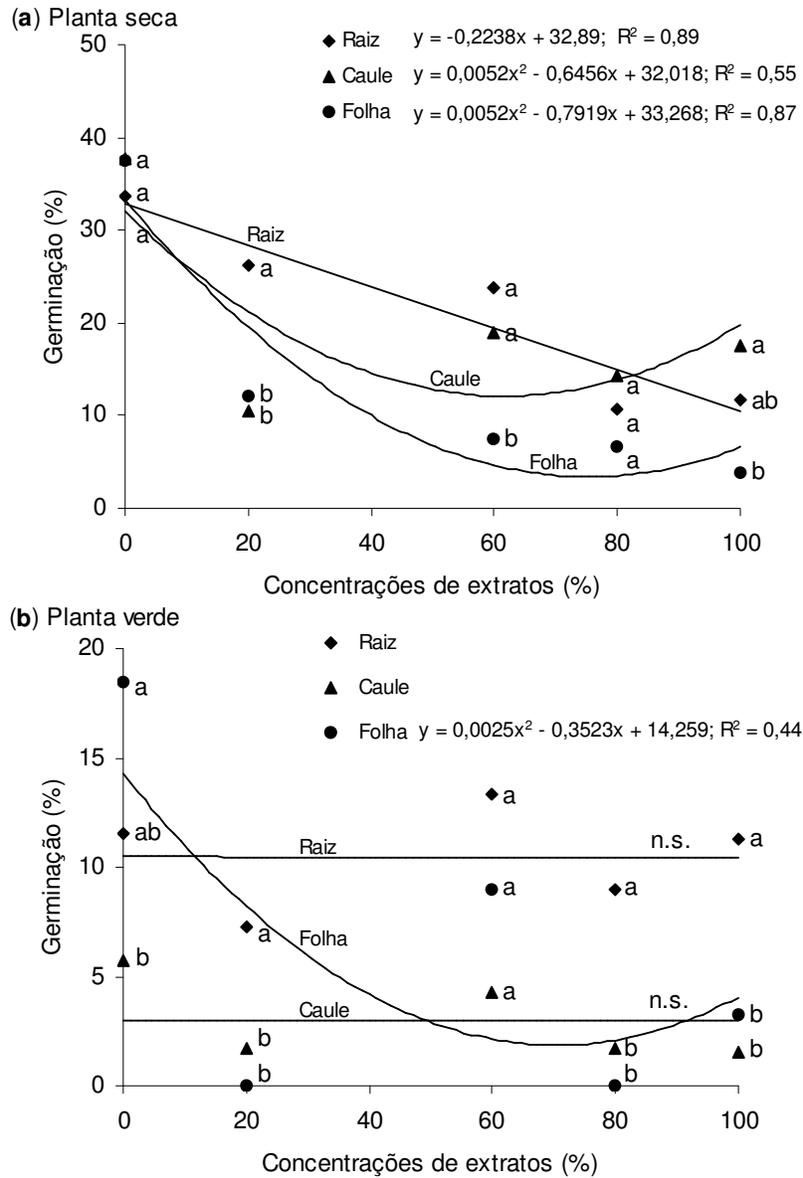


Figura 6. Efeito de concentrações de extratos aquosos obtidos de raízes, caules e folhas de canola, planta seca (a) e planta verde (b), sobre a porcentagem de germinação de picão-preto (*Bidens* sp.). UPF, Passo Fundo, RS, 2003. Pontos com mesma letra, verticalmente, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

Os efeitos dos extratos aquosos obtidos de plantas secas apresentaram comportamentos diferenciados sobre a porcentagem de germinação do picão-preto, tendo as raízes proporcionado decréscimo linear e o caule e as folhas comportamento quadrático (Figura 6). No caso dos extratos obtidos de plantas secas, a relação entre a porcentagem de germinação do picão-preto e o extrato das raízes de canola foi linear e inversa, isto é, decresceu 0,22% para cada incremento de 1% na concentração do extrato (Figura 6). Resultado semelhante foi obtido por Almeida (1991b), em que extratos aquosos obtidos de plantas secas, a 10% p/v de palha de colza, inibiram em 100% a germinação do picão-preto.

Por outro lado, os extratos aquosos obtidos de caules e folhas de canola resultaram em comportamento quadrático, com germinações mínimas de 12 e 3%, ocorrendo nas concentrações de 60 e 75% do extrato para caules e folhas respectivamente e aumentando com maiores concentrações, as quais exerceram menor efeito negativo sobre a germinabilidade do picão-preto (Figura 6).

A germinação das sementes ou o desenvolvimento das plântulas de determinadas espécies sofre influência de aleloquímicos contidos em extratos vegetais (ALMEIDA, 1991b). Todavia, no caso das brassicáceas, família a qual pertence a canola, os mecanismos através dos quais os compostos alelopáticos influenciam a germinação, não são totalmente esclarecidos. Até o momento, o que se sabe é que os efeitos sobre a germinação ocorrem devido à decomposição dos glucosinolatos em isotiocianatos e tiocianatos (Figura 1).

Compostos esses que, em baixas concentrações, atrasam a germinação, mantendo as sementes viáveis e em altas concentrações podem penetrar em grandes quantidades na semente reagindo irreversivelmente com enzimas, o que torna as sementes inviáveis (PETERSEN et al., 2001).

Segundo Almeida (1988), um dos sintomas dos efeitos alelopáticos mais citados na literatura é a inibição da germinação. Entretanto, o mesmo autor menciona que, em determinadas concentrações, o efeito pode ser positivo. Nesse sentido, o estímulo no desenvolvimento do milho, em tratamentos que utilizaram extratos de folhas verdes de leucena (20% p/v) foi observado por Prates et al. (2000), quando estes eram aplicados na concentração de 100%. Tal resultado foi atribuído ao fato da leucena aumentar a matéria orgânica do solo e a disponibilidade de nitrogênio, nutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento das culturas. Também foi considerado que a atividade da mimosina, principal composto alelopático da leucena, no solo pode ser transitória, estando sujeita à adsorção pelos colóides, à degradação, à inativação e à transformação por microrganismos.

Outro exemplo de aumento no potencial de germinação, em decorrência da aplicação de extratos alelopáticos, foi observado por Peres et al. (1998), quando a presença de distintos aleloquímicos (fração n-butanólica) da espécie *Gleichenia pectinata*, uma samambaia nativa do Estado de Santa Catarina, promoveu o estímulo da germinação em *Clidemia hirta*, uma espécie herbácea pioneira que floresce e frutifica o ano inteiro, aumentando a taxa final de germinação

de 43% para 89%. Estes autores atribuíram tal fato à quebra de dormência pela ação dos referidos aleloquímicos.

Alguns aleloquímicos podem ter ação semelhante aos fitormônios, estimulando o crescimento de plantas. Alves et al. (2004) mencionam este efeito, a partir do extrato volátil de óleo essencial de jaborandi, sob plântulas de alface.

Com relação aos extratos oriundos de plantas secas, os maiores decréscimos na germinação do picão-preto ocorreram quando esses foram elaborados com as folhas (Figura 6). Neste caso, os extratos das folhas de canola reduziram em média a germinabilidade de picão-preto em 80%, quando comparados ao controle, seguidos pelos caules e pelas raízes, com reduções médias de 60 e 46%, respectivamente. Resultados próximos aos obtidos por Castro et al. (1983), em que extratos das folhas secas de *Brassica napus* foram mais eficientes em reduzir a germinação das sementes de tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) quando comparados aos extratos de raízes.

Como pode ser observado na Figura 6, as raízes exerceram menor influência negativa sobre o percentual de germinação do picão-preto, quando comparadas aos caules e folhas. Tal resultado pode ser explicado, pelo menos em parte, devido ao fato das raízes exsudarem a maior parte dos compostos alelopáticos que nelas se encontram, como afirma Radosevich et al. (1997). Em função disso e também da lixiviação a que os compostos alelopáticos presentes nas raízes estão sujeitos, é possível estimar que os aleloquímicos estivessem presentes em baixas concentrações nestes órgãos,

no momento em que os extratos aquosos foram preparados. Além do mais, com relação à localização dos compostos alelopáticos nas células vegetais, é possível especular que, em decorrência da maior lignificação das raízes, quando comparadas aos caules e folhas, e também da metodologia de preparação dos extratos utilizada nos experimentos, o encontro entre as enzimas que degradam alguns compostos alelopáticos da canola, tornando-os mais fitotóxicos, não tenha ocorrido nas mesmas proporções em extratos de caules, folhas e raízes. Mesmo seguindo metodologias iguais para os três órgãos da planta, no caso das raízes foi possível observar menor número de partículas menores. Isso pode ter contribuído para as respostas variadas na porcentagem de germinação do picão-preto em função dos órgãos da planta (Figura 6). No entanto, deve-se considerar que outros fatores, como ação de microrganismos presentes nos tecidos vegetais, podem influenciar a ação alelopática dos extratos.

Pires e Oliveira (2001) afirmam que, após a liberação, devido os compostos alelopáticos serem moléculas orgânicas, eles geralmente sofrem rápida transformação por ação microbiana, podendo tornar-se inertes ou mais eficazes como fitotoxinas. Nas plantas de canola não se conhece com exatidão como os compostos alelopáticos são formados nas células e onde se encontram em maior concentração em seu interior. Tampouco é conhecida a concentração num dado órgão; o que se sabe é que, justamente por sofrerem variações constantes em curto espaço de tempo, os compostos alelopáticos contidos nos diferentes órgãos da planta podem

influenciar de modo variado a germinação e o desenvolvimento de outras plantas, tais como plantas daninhas.

Nesse sentido, os resultados obtidos no presente trabalho indicam que os efeitos alelopáticos dependem da concentração em que a substância alelopática está presente nos extratos. Por outro lado, o fator órgão (raízes, folhas e caules) parece ter também importância, visto que foram encontradas diferenças significativas quando se utilizou extratos aquosos obtidos de diferentes órgãos na mesma concentração (Figura 6).

A tendência em diminuir a porcentagem de germinação do picão-preto, observada na Figura 6, pode estar relacionada ao fato dos glucosinolatos, metabólitos secundários presentes na canola, terem baixa atividade biológica antes de serem convertidos em isotiocianatos (ITCs) pela enzima mirosinase e alta atividade após a conversão. O fato é que os glucosinolatos estão presentes em maior quantidade no vacúolo celular e a mirosinase está ligada à parede celular, havendo uma distância entre os dois (PETERSEN et al., 2001). Então, a preparação dos extratos, mencionada anteriormente, pode ter promovido o encontro entre a enzima e o substrato, oportunizando assim a formação de novos compostos fitotóxicos, capazes de exercer influência nas diversas etapas da germinação, visto que, como já foi mencionado, a ação desses compostos se dá também sobre as enzimas, moléculas chave na retomada metabólica que é a germinação.

Portanto, a constatação de efeitos fitotóxicos, a partir dos resultados anteriormente explicitados, pode levar à

necessidade de se proceder isolamento e identificação dos compostos alelopáticos presentes na canola.

4.2 Experimento 2

4.2.1 Índice de velocidade de emergência

A análise de variância revelou efeito significativo das concentrações sobre o índice de velocidade de emergência do picão e da soja, entretanto não houve efeito da interação aleloquímico e concentração e de efeito simples do aleloquímico (Apêndice B).

A análise de regressão indicou relação quadrática entre o IVE do picão-preto (Figura 7) e da soja (Figura 8) e as concentrações do aleloquímico.

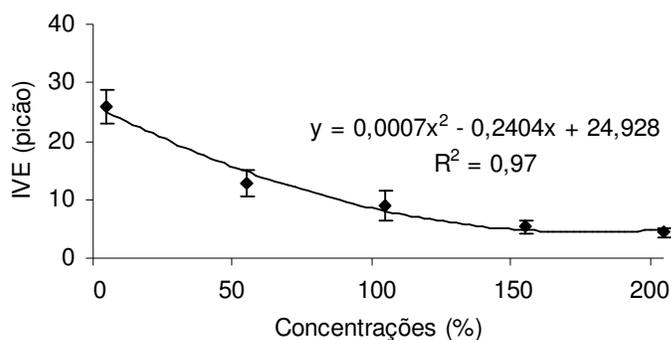


Figura 7. Efeito das concentrações, na média dos aleloquímicos de canola, no índice de velocidade de emergência (IVE) do picão-preto. UPF, Passo Fundo, RS, 2003. (Barras verticais representam o erro-padrão da média).

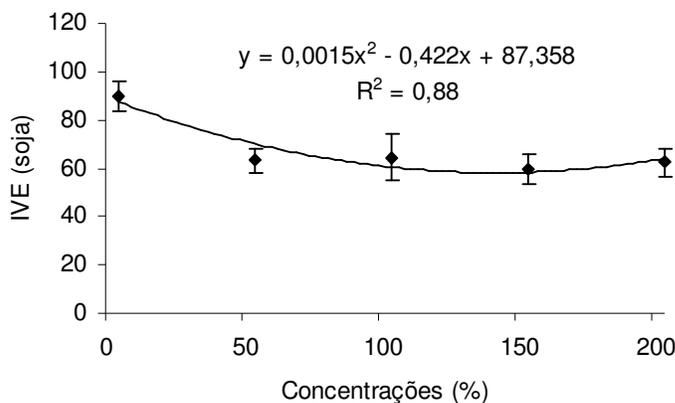


Figura 8. Efeito das concentrações do aleloquímico de canola no índice de velocidade de emergência (IVE) da soja na média dos aleloquímicos. UPF, Passo Fundo, RS, 2003. (Barras verticais representam o erro-padrão da média).

Em geral, o índice de velocidade de emergência diminuiu a medida em que houve incremento nas concentrações do aleloquímico. No caso da soja, a resposta ao aumento das concentrações foi pouco acentuada, reduzindo em média 31% a velocidade de emergência em relação ao controle, mostrando tolerância desta cultura ao efeito alelopático exercido pela canola. Em contrapartida, o picão-preto teve uma redução média de 68% em relação ao controle, chegando a 83% de redução na concentração de 200%. Isso pode ser explicado, provavelmente, pelos efeitos alelopáticos de substâncias presentes na palha e nos extratos de canola, que compunham o fator aleloquímico deste experimento. Com base no que foi discutido anteriormente para o primeiro experimento, duas explicações podem ser dadas para estes efeitos alelopáticos. Primeiramente, a transformação em isotiocianatos e tiocianatos

dos glucosinolatos contidos na palha e nos extratos de canola, através da ação da enzima mirosinase. E, em segundo lugar, a ação destes compostos sobre processos enzimáticos relacionados à germinação e crescimento das plantas de picão-preto. Entretanto, não pode ser descartada a possível ação de compostos alelopáticos desconhecidos que estivessem presentes nos extratos e palha de canola.

Com relação às informações anteriores, Teixeira et al. (2004), trabalhando com extratos aquosos da parte aérea de mucuna-preta (*Stilozobium aterrimum*), encontraram resultados semelhantes, em que a mucuna-preta reduziu o IVE do picão-preto em consequência de seus efeitos alelopáticos. Nunes et al. (2003), também constataram prejuízo na velocidade de emergência da soja com o aumento nas quantidades da palha de sorgo.

Os resultados obtidos nesse experimento permitem observar que o IVE é um indicador mais sensível dos efeitos alelopáticos, quando comparado ao percentual de germinação, porque detecta os efeitos ao longo da emergência e não somente ao final dela. Deve-se salientar, porém, que a redução na velocidade de emergência do picão-preto é extremamente vantajosa para a cultura, visto que lhe oferece uma vantagem competitiva.

A velocidade de germinação é uma variável importante para estabelecimento das plântulas, pois é um indicativo da capacidade de emergência das mesmas (TREZZI, 2002). Assim, sementes com germinação mais lenta demoram mais a emergir e são mais propensas ao ataque de predadores,

pragas e patógenos. E mais, plantas com emergência atrasada podem apresentar menor crescimento do que as que emergirem precocemente e sofrer competição intra e interespecífica por recursos do meio ou podem ser excluídas da comunidade (RADOSEVICH et al., 1997). Na busca por recursos limitados no meio, há prêmio para aqueles vegetais que exibem estabelecimento precoce. Por isso, a planta em crescimento deve apoderar-se rapidamente do espaço (FLECK et al., 2003).

É importante ressaltar que a concentração dos aleloquímicos, dentre eles os glucosinolatos, importantes compostos alelopáticos das brassicáceas, têm sua produção afetada por fatores ambientais, como temperatura e fertilidade do solo (EBERLEIN et al., 1998). Por isso, a reprodução fiel destes resultados no campo é pouco provável. Todavia, a manutenção da palha de canola sobre o solo pode oferecer vantagens competitivas à soja, em relação às plantas daninhas.

Também é importante observar que, muitas vezes, para que o efeito alelopático ocorra, as substâncias têm de estar acumuladas no solo numa quantidade suficiente e ter estabilidade por tempo necessário para exercer sua ação. Esse é o motivo da dificuldade do estudo da alelopatia no ambiente natural (SWAIN, 1977).

4.2.2 Porcentagem de germinação

Como pode ser observado no Apêndice C, o percentual de germinação da soja não foi afetado tanto pela variação das

concentrações quanto pelo aleloquímico. Assim, analisando-se isoladamente os percentuais de germinação acumulada na concentração de 100% do aleloquímico, pode-se observar diferenças significativas somente nos dois primeiros dias após a emergência. Posteriormente os percentuais de germinação tornaram-se muito próximos e não diferiram estatisticamente (Figura 9).

Analisando-se a Figura 9, em que se isolou apenas os efeitos do aleloquímico na concentração de 100%, sobre o potencial de germinação da soja, observa-se que, após sete dias, a germinabilidade é estatisticamente igual. Tal resultado demonstra que o efeito fitotóxico da canola sobre a soja, nesse caso, ocorreu por um curto período de tempo, certamente, devido à decomposição dos compostos alelopáticos no solo. Também fica claro que, nas condições em que o experimento foi conduzido, a soja é capaz de se recuperar da ação alelopática exercida pela canola.

A análise de variância revelou efeito significativo das concentrações do aleloquímico sobre a porcentagem de germinação do picão-preto, entretanto não houve efeito da interação aleloquímico e concentração e do efeito simples do aleloquímico (Apêndice D).

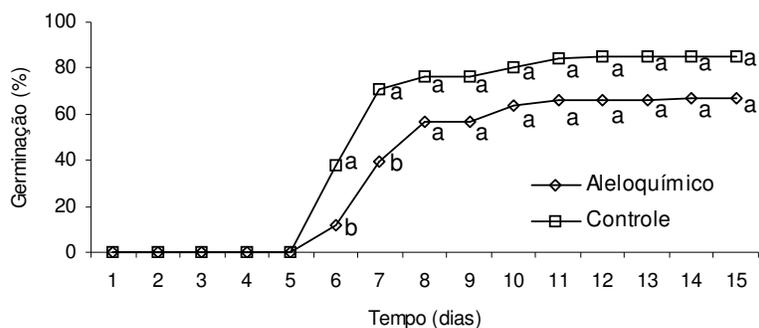


Figura 9. Percentuais de germinação acumulada de sementes de soja em função do aleloquímico de canola na concentração de 100%. UPF, Passo Fundo, RS, 2003 Pontos com mesma letra, verticalmente, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

A análise de regressão indicou relação quadrática entre o potencial de germinação do picão-preto e as concentrações dos aleloquímicos, com uma germinação mínima de 7%, ocorrendo a partir da concentração de 185% (Figura 10).

O percentual de germinação do picão-preto diminuiu à medida que houve incremento nas concentrações. A redução média foi de 65% em relação ao controle, chegando a 83% de redução na concentração de 200%. Isso pode ser explicado, provavelmente, pelos efeitos alelopáticos de substâncias presentes na palha e nos extratos de canola. Pelo resultado assim obtido, pode-se supor que a canola possui potencial para o controle do picão-preto. Semelhante potencial de inibição da germinação do picão-preto foi observado para outras plantas, conforme Pires et al. (1991), que verificaram redução na germinação do picão-preto pelo extrato aquoso de leucena a

50% de concentração (p/v) e Daugovish et al. (2004), que observaram a inibição completa da germinação de *Lolium multiflorum* e *Amaranthus retroflexus* quando tratadas com extratos aquosos dos tecidos da planta de mostarda oriental (*Brassica juncea*). Teixeira et al. (2004) também observaram redução na germinação da alface e do picão-preto pela ação de extratos aquosos de *Crotalaria juncea*.

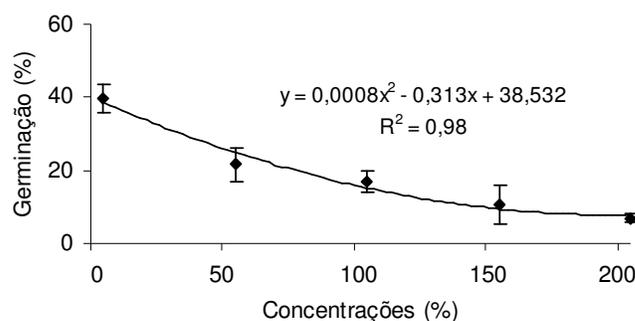


Figura 10. Efeito das concentrações, na média dos aleloquímicos de canola, sobre a porcentagem de germinação do picão-preto. UPF, Passo Fundo, RS, 2003. (Barras verticais representam o erro-padrão da média).

Dessa forma, a não observância de diferenças no efeito dos aleloquímicos oriundos da palha seca distribuída e dos aleloquímicos contidos nos extratos aquosos indicam que a redução na germinação do picão-preto não foi apenas por efeitos físicos da camada vegetal ou até mesmo pelo impedimento da passagem de luz, que é importante para a germinação da planta daninha em questão, mas sim, pela soma de fatores físicos e fitotóxicos exercidos pela palha e de fatores fitotóxicos no caso dos extratos (Apêndice D).

Certamente, a diferença no tamanho das sementes (soja e picão) também contribuíram para o resultado anteriormente mencionado.

4.2.3 Biomassa vegetal

Pelos Apêndices E e F, no experimento em casa de vegetação, não se observou efeito da fonte de aleloquímico, palha ou extrato, e das concentrações dos mesmos na biomassa das raízes e parte aérea das plantas de soja e picão-preto, aos 30 e 45 dias após a emergência (Tabelas 1 e 2). Resultado esse semelhante ao obtido por Almeida et al. (1986), em que a biomassa (aos 45 dias após a emergência) das raízes e parte aérea da soja não sofreu influência de extratos aquosos da parte aérea de capim-marmelada nas concentrações de 1, 5 e 10%, somente na concentração de 13%. Todavia, no experimento em questão, é possível que se detectassem diferenças se as avaliações fossem realizadas em estádios mais precoces de desenvolvimento da cultura e da planta daninha, devido à rápida decomposição dos aleloquímicos no solo.

Tabela 1. Biomassa da soja, aos 45 dias após a emergência, em resposta a diferentes concentrações de palha e extrato de canola (genótipo Hyola 420). UPF, Passo Fundo, RS, 2003

Biomassa da soja 45 dias						
Concentrações (%)	Parte aérea			Raiz		
	Palha	Extrato	Média	Palha	Extrato	Média
0	7,89	10,61	9,25 ^{ns}	1,19	1,63	1,41 ^{ns}
50	10,72	10,52	10,62	1,04	1,31	1,18
100	12,38	6,83	9,61	1,06	1,25	1,15
150	12,70	9,29	11,00	1,14	1,09	1,12
200	12,30	6,07	9,18	1,66	0,71	1,18
C.V. (%)		46			45	

^{ns} não significativo para todos os valores na coluna de média

Tabela 2. Biomassa do picão-preto em resposta a diferentes concentrações de palha e extrato de canola (genótipo Hyola 420). UPF, Passo Fundo, RS, 2003

Biomassa do picão-preto						
Concentrações (%)	Parte aérea			Raiz		
	Palha	Extrato	Média	Palha	Extrato	Média
0	1,12	1,31	1,21 ^{ns}	0,17	0,24	0,21 ^{ns}
50	1,15	1,39	1,27	0,46	0,37	0,41
100	1,72	1,64	1,68	0,25	0,28	0,27
150	0,30	0,90	0,60	0,19	0,16	0,18
200	0,40	1,11	0,75	0,13	0,31	0,22
C.V. (%)	75			79		

^{ns} não significativo para todos os valores na coluna de média

Com relação à decomposição dos compostos alelopáticos no solo, que pode exercer influência direta ou indireta na biomassa das plantas, Brown et al. (1991), determinaram as concentrações de isotiocianatos no solo (usando análises de infravermelho) e tiocianato iônico (usando cromatografia iônica de extratos aquosos). As quantidades foram monitoradas durante 100 horas. Nesse período, a produção de isotiocianato alcançou um máximo de 301 nmol/g de solo em 2 horas, mas decresceu 90% em 24 horas e a produção de tiocianato alcançou um máximo de 80 nmol/g em 8 horas, persistindo por muito mais tempo que o isotiocianato. Provou-se, deste modo, a ocorrência de uma rápida inativação destes compostos alelopáticos no solo.

Não tem sido fácil demonstrar que compostos alelopáticos estão presentes no solo em quantidades suficientes para inibir o crescimento de plantas. Além disso, as substâncias orgânicas, muitas vezes ligadas a partículas do solo, podem ser rapidamente degradadas por microrganismos (TAIZ e ZEIGER, 2004). Além de sofrerem influências de

microrganismos, os teores dos compostos alelopáticos no ambiente também estão sujeitos à ação da temperatura e da luz. Com base nessas informações, levando-se em conta a volatilização e hidrólise a que os aleloquímicos da canola estão sujeitos no solo (PETERSEN et al., 2001), pode-se especular que o efeito alelopático em relação à biomassa do picão-preto e da soja seja maior se os extratos forem aplicados de forma seqüencial e quando a palha for incorporada ao solo. Mas, por outro lado, quando incorporados ao solo, de acordo com Roman e Velloso (1993), os restos culturais se decompõem mais rapidamente em relação aos resíduos vegetais da superfície. Em função disso, é possível estimar que os efeitos alelopáticos também tenham menor duração, pois a ação alelopática de resíduos vegetais, quando colocados na superfície do solo, é diferente da que se verifica quando incorporados (ALMEIDA, 1991b).

O elevado coeficiente de variação, observado na Tabela 2, pode ser justificado, em parte, pelo fato dos aquênios de picão-preto terem sido semeados a lanço dentro de cada parcela, o que certamente não proporcionou uma germinação uniforme, quando esta ocorreu. Essa ação pode ter influenciado no porte das plantas e, conseqüentemente, em suas biomassas. No entanto, tentou-se simular a dispersão natural destes aquênios, o que segundo Almeida (1991b) é interessante. Em bioensaios de alelopatia, também é importante simular a interferência dos aleloquímicos em condições semelhantes às existentes na natureza (PIRES e OLIVEIRA, 2001). Ainda, com relação ao coeficiente de

variação, ainda é preciso levar em consideração que a coleta das plantas para avaliação da biomassa, parte aérea e radicular, tanto da soja como do picão, foi realizada aleatoriamente.

Os resultados obtidos neste experimento, em relação à biomassa, evidenciaram que a presença do aleloquímico conferiu vantagem às plantas emergidas, diminuindo a competição, devido ao menor número de plantas utilizando os mesmos recursos do meio. Dito de outro modo, as plantas tiveram maior disponibilidade de espaço e isso pode ter proporcionado maior crescimento. Assim sendo, é possível afirmar que as plantas submetidas aos tratamentos não tiveram sua biomassa diminuída de forma significativa porque sofreram menor competição em relação às plantas do controle, no qual a porcentagem de plantas emergidas, dentro da parcela, foi maior, obtendo em média 40% de emergência. De acordo com Fleck et al. (2003), cada planta pára de crescer quando seu espaço é restringido pelas concorrentes, de tal forma que os últimos indivíduos a aparecer crescem muito pouco.

4.3 Experimento 3

Quando se utilizou extratos aquosos obtidos de plantas secas, a análise de variância revelou interação tríplice entre os fatores genótipo, concentração e órgão (Apêndice G). Para os três genótipos avaliados, o incremento das concentrações foi eficiente em reduzir a porcentagem de germinação do picão-preto (Figura 11).

No genótipo Hyola 420, os efeitos dos extratos aquosos obtidos de plantas secas apresentaram comportamentos diferenciados sobre a porcentagem de germinação do picão-preto, tendo as raízes proporcionado redução linear e os caules e folhas comportamento quadrático (Figura 11a).

A relação entre a porcentagem de germinação do picão-preto e a concentração dos extratos aquosos de canola foi inversa nos três genótipos analisados, isto é, houve decréscimo na germinação do picão-preto em função do incremento nas concentrações (Figura 11).

Ainda, com relação aos extratos obtidos a partir de plantas secas, o maior decréscimo no percentual de germinação foi observado no genótipo Hyola 60, com redução média de 82%, seguido pelos genótipos Hyola 43 e 420, com reduções médias de 79 e 72%, respectivamente. Com relação à concentração, no genótipo Hyola 60, na média dos órgãos, observou-se reduções de 74 a 91%, nas concentrações de 20 e 100% respectivamente e no genótipo Hyola 43, observou-se reduções de 62 a 92% nas mesmas concentrações. Moyer e Huang (1997) encontraram resultados semelhantes, trabalhando com outras plantas daninhas, em que extratos obtidos a partir da canola foram eficazes em inibir a germinação de duas plantas daninhas entre dez testadas. Estes autores encontraram inibições de 74 e 90% na germinação de *Thlaspi arvenense*, nas concentrações de 0,5 e 1%, respectivamente, e 45 e 86% nas concentrações de 1 e 2%, respectivamente, para *Bromus tectorum*.

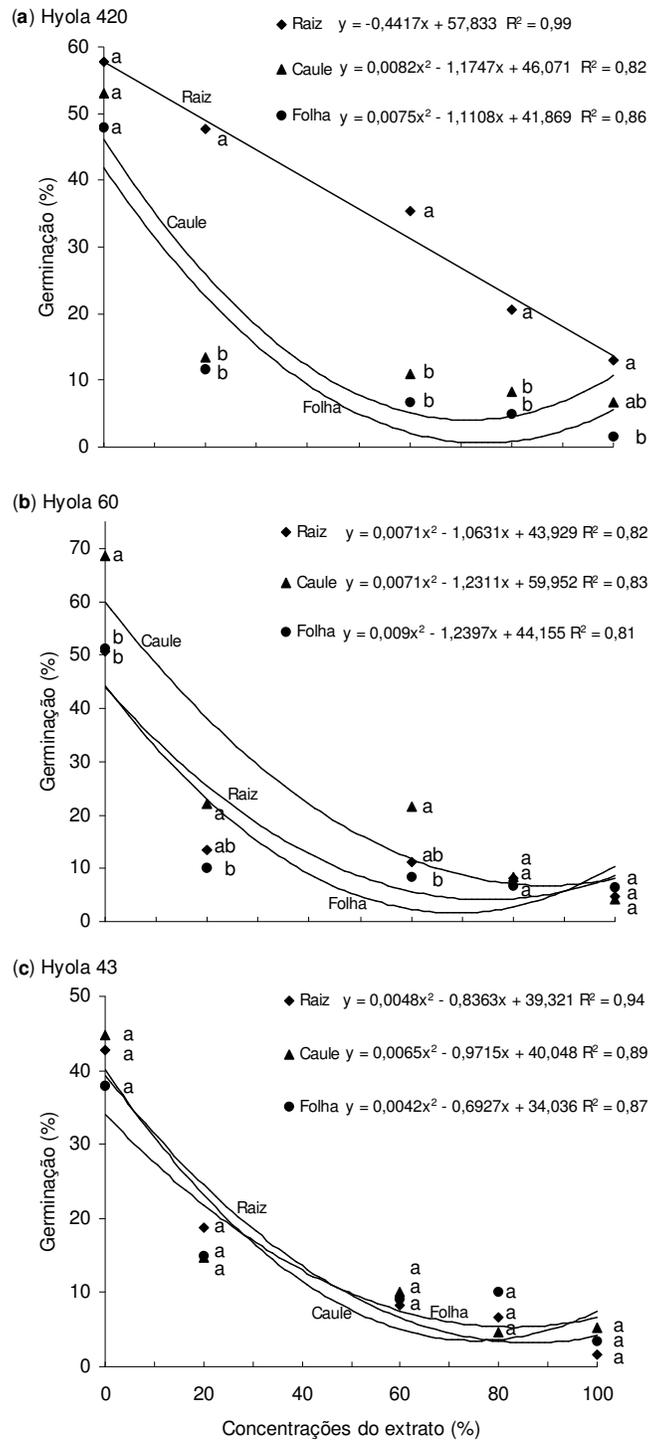


Figura 11. Efeito de diferentes concentrações de extratos aquosos obtidos de plantas secas de canola sobre a porcentagem de germinação do picão-preto. UPF, Passo Fundo, RS, 2004. Pontos com mesma letra, verticalmente, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

Quando se utilizou extratos aquosos obtidos de plantas verdes, a análise de variância revelou interação tríplice entre genótipos, concentração e órgão (Apêndice H). Para os três genótipos avaliados, o incremento das concentrações dos extratos aquosos de canola reduziu a porcentagem de germinação do picão-preto (Figura 12).

No genótipo Hyola 420, os efeitos dos extratos aquosos obtidos de plantas verdes, assim como ocorreu para os extratos de plantas secas, proporcionaram comportamentos diferenciados sobre a porcentagem de germinação do picão-preto. Entretanto, as folhas ocasionaram redução linear e caules e raízes comportamento quadrático (Figura 12a).

Em se tratando do material obtido de plantas verdes, o maior decréscimo médio na porcentagem de germinação ocorreu quando os extratos foram elaborados a partir do genótipo Hyola 43, com 63% de redução, seguidos pelos genótipos Hyolas 60 e 420, com reduções médias de 55 e 49%, na devida ordem (Figura 12).

Com relação à concentração do extrato, o genótipo Hyola 43, com reduções de 52 a 75% nas concentrações de 20 e 80%, demonstrou maior eficiência em reduzir a germinabilidade, seguido pelo genótipo Hyola 60, no qual se verificou reduções de 15 a 76% nas mesmas concentrações.

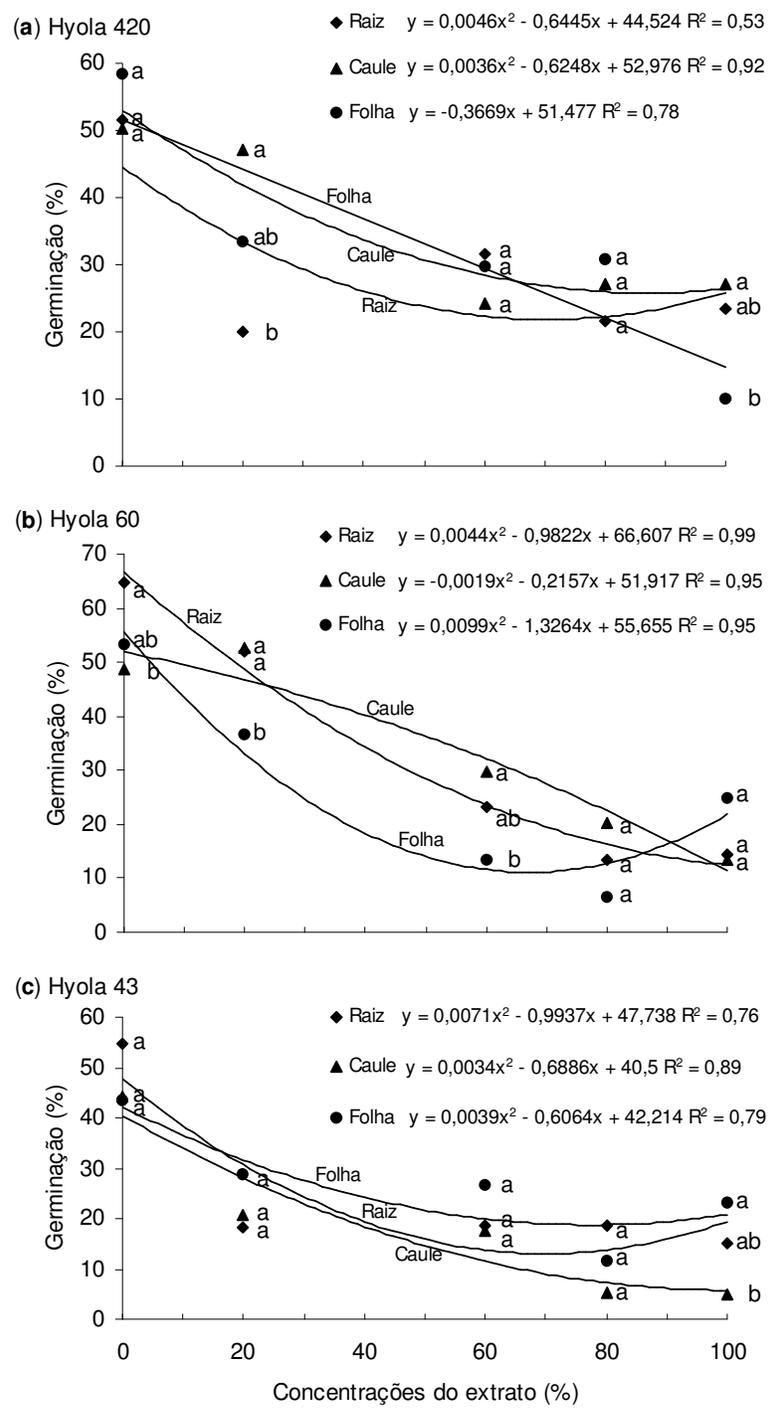


Figura 12. Efeito de diferentes concentrações de extratos aquosos canola, obtidos de plantas verdes, sobre o potencial de germinação do picão-preto (*Bidens* sp.). UPF, Passo Fundo, RS, 2004. Pontos com mesma letra, verticalmente, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

De maneira geral, observou-se que, independentemente do tipo de extrato, obtido de plantas secas ou verdes, o genótipo Hyola 420 foi menos eficiente em reduzir o percentual de germinação do picão-preto, com reduções máximas de 62 e 87% a partir dos extratos obtidos de plantas verdes e secas, respectivamente, ambos na concentração de 100%.

Estes resultados estão de acordo com os relatados por outros autores, que, utilizando outras espécies, observaram decréscimos na porcentagem de germinação de *Bidens* sp. pela ação de extratos de *Leucaena leucocephala* (Pires et al., 2001), pela ação de extratos de *Tetradenia riparia*, *Artemisia camphorata*, *Ruta graveolens*, *Rosmarinus officinalis* e *Cymbopogon winterianus* (Cruz et al., 2002), pela ação de extratos de *Crotalaria juncea* (Teixeira et al., 2004) e pela ação de extratos de colza (Almeida, 1991b).

Os efeitos fitotóxicos das brássicas podem ser causados por produtos da hidrólise dos glucosinolatos que ocorrem em quantidades substanciais em partes vegetativas destas plantas (MOYER e HUANG,1997). A ação dos produtos da hidrólise dos glucosinolatos sobre a germinação e desenvolvimento do picão-preto foi discutida nos resultados do experimento 1 deste trabalho. Os resultados deste experimento mostraram que, em todos os casos, a redução na germinação do picão-preto se deu através de efeitos alelopáticos exercidos pelos genótipos de canola.

Quanto à capacidade diferencial dos três genótipos avaliados em exercer efeitos fitotóxicos deve-se, em grande parte, às variações na produção de compostos alelopáticos. E

como já foi mencionado, estes compostos têm sua produção afetada por fatores ambientais, como temperatura, umidade, fertilidade do solo e outros fatores. Deste modo, é possível que diferenças na capacidade em suprimir a germinação e o desenvolvimento de plantas daninhas, em condições de campo, não sejam facilmente observadas, como ocorre em bioensaios de laboratório.

A diferença no potencial alelopático entre genótipos pode ocorrer pela capacidade diferencial dos mesmos em produzir e exsudar compostos alelopáticos. Trabalhado com genótipos de aveia, Jacobi e Fleck (2000), mostraram que os maiores efeitos alelopáticos foram obtidos pelos genótipos que mais exsudaram o composto alelopático escopoletina pelas raízes, e os que apresentaram menor efeito incluíram-se entre os de menor exsudação.

5 CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho, portanto, indicam a presença de efeitos alelopáticos, promovidos pelas folhas, raízes e caules de canola. Esse efeito se manifestou através da redução da velocidade ou inibição da germinação dos aquênios de picão-preto e das sementes de soja.

Em casa de vegetação, a biomassa das plantas de soja e picão-preto não foi afetada significativamente pela ação do aleloquímico de canola em diferentes concentrações.

Com relação à inibição da germinação os extratos elaborados a partir de plantas secas revelaram maior potencial alelopático.

Com relação aos genótipos avaliados, não houve um mais promissor em função do seu potencial alelopático.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. S. *Controle de plantas daninhas em plantio direto*. Londrina: IAPAR, 1991a. (Circular 67).

ALMEIDA, F. S. Efeitos alelopáticos de resíduos vegetais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 26, p. 221-236, 1991b.

ALMEIDA, F. S. *A alelopatia e as plantas*. Londrina: IAPAR, 1988. 60 p. (Circular 53).

ALMEIDA, F. S.; VOSS, M.; LEITE, C. R. F. Efeitos alelopáticos e de competição da *B. plantaginea* na soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 16, Campo Grande, 1986. *Resumos*. Campinas: SBHED, 1986. p. 5 - 6.

ALMEIDA, F. S.; RODRIGUES, B. N. *Guia de herbicidas*. Londrina: IAPAR, 1985. 467p

ALVES, M. C. S.; MEDEIROS FILHO, S.; INNECCO, R.; TORRES, S. B. Alelopatia de extratos voláteis na germinação de sementes e no comprimento da raiz de alface. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, p. 1083 -1086, 2004.

BAIER, A. C.; FLOSS, E. L.; AUDE, M. I. S. *As lavouras de inverno*. 2. ed. São Paulo: Globo, 1989. 172 p.

BALBINOT Jr, A. A. FLECK, N. G. AGOSTINETTO, D. RIZZARDI, M. A. Predação de sementes de plantas daninhas em áreas cultivadas. *Ciência Rural*, v.32, p.707-714, 2002.

BARAZANI, O.; FRIEDMAN, J. Allelopathic bacteria and their impact on higher plants *Critical Reviews in Microbiology*, v. 27, p. 41 – 55, 2001.

BIALY, Z.; OLESZEK, W.; LEWIS, J.; FENWICK, G.R. Allelopathic potential of glucosinolates (mustard oil glycosides) and their degradation products against wheat. *Plant and Soil*, v. 129, p. 277–281, 1990.

BROWN, P. D.; MORRA, M.J.; MCCAFFREY, J. P.; AULD, D. L.; WILLIAMS, L. Allelochemicals produced during glucosinolate degradation in soil. *Journal of Chemical Ecology*, v. 17 p. 2021 – 2034, 1991.

BUHLER, D. D. Challenges and opportunities for integrated weed management. *Weed Science*, v.50, p. 273 – 280, 2002.

BUSNELLO, C. E.; SILVEIRA, E. R.; LOPES, A.; MARQUESZI, C. F. Influência alelopática de raízes e parte aérea de aveia e azevém sobre a germinação e desenvolvimento inicial da soja (*Glycine max*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA E MERCOSOJA, 2, Foz do Iguaçu, 2002. *Resumos*. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p.96.

CARDOSO FILHO, J. A. Efeito de extratos de albedo de laranja (*Citrus sinensis*) dos indutores de resistência ácido salicílico, acilbenzolar-s-metil e *Saccharomyces cerevisiae* no controle de *Phyllostica citricarpa* (telomorfo: *Guignardia citricarpa*). Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

CARVALHO, J. C. Mecanismo de ação dos herbicidas e sua relação com a resistência a herbicidas. In: CHRISTOFFOLETI, P. J. *Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas*. Campinas: HRAC-BR, 2004. p. 23 – 48

CASTRO, P. R. C.; RODRIGUES, J. D.; MORAIS, M. A.; CARVALHO, V. L. M. Efeitos alelopáticos de alguns extratos vegetais na germinação do tomateiro. *Planta Daninha*, v.2, p. 79-85, 1983.

CHOESIN, D. N.; BOERNER, R. E. J. Allyl isothiocyanate release and the allelopathic potential of *Brassica napus* (Brassicaceae). *American Journal of Botany*, v. 78 p. 1083-1090, 1991.

CHON, S.; CHOI, S.; JUNG, S.; JANG, H.; PYO, B.; KIM, S. Effects of alfafa leaf extracts and phenolic allelochemicals on early seedling growth and root morphology of alfafa and barnyard grass. *Crop Protection*, v. 21, p. 1077–1082, 2002.

CRUZ, M. E. S.; SCHWANESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R.; NOZAKI, M. H.; BATISTA, M. A.. Alelopatia do extrato aquoso de plantas medicinais na germinação de sementes de picão. *Acta Horticulturae*, v. 569, p. 235-238, 2002.

CUNHA, G. R. *Meteorologia: fatos e mitos*. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1997. 268p.

DAUGOVISH, O.; DOWNE, J.; BECKER, O.; BROWNE, G.; DUNNIWAY, J. Mustard-based biofumigation for row crops. In: CALIFORNIA CONFERENCE ON BIOLOGICAL CONTROL, 2004. p. 72.

DAYAN, F. E.; WATSON, S. B.; GALINDO, J. C. G.; HERNANDEZ, A.; DOU, J.; MCCHESENEY, J. D. ; DUKE, S. O. Phytotoxicity of quassinoids: physiological responses and structural requirements. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 65, p. 15–24, 1999.

DEZOTTI, P. C.; HERNANDEZ – TERRONES, M.G., MELO, G. S. Potencial herbicida do extrato metanólico de sementes de mata-barata. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, Gramado, 2002. *Resumos*, p. 48.

DIETZ, H.; WINTERHALTER, P. Phitotoxic constituents from *Bunias orientalis* leaves *Phytochemistry*, v 42, p. 1005–1010, 1995.

DUKE, S. O.; DAYAN, F. E.; RIMANDO, A. M.; SCHRADER, K. K.; ALIOTTA, Q.; OLIVA, A. ROMAGNI J. G. Chemicals from nature for weed management. *Weed Science*, v.50, p. 138–151, 2002.

EBERLEIN, C. V.; MORRA, M. J.; GUTTIERI, M. J. BROWN, P. D.; BROWN, J. Glucosinolate production by five field-crown *Brassica napus* cultivars used as green manures. *Weed Technology*, v.12, p. 712 – 718, 1998.

EL-KHAWAS, S. A.; SHEHATA, M. M. The allelopathic potentialities of acacia nilotica and eucalyptus rostrata on monocot (*Zea mays* L.) and dicot (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. *Biotechnology*, v.4, p. 23-34, 2005.

FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, p. 175-204, 2000.

FLECK, N. G.; BALBINOT JUNIOR, A. A. AGOSTINETTO, D. RIZZARDI M. A. Velocidade de estabelecimento em cultivares de arroz irrigado como característica para aumentar a habilidade competitiva com plantas concorrentes. *Ciência Rural*, v.33, p. 635-640, 2003.

HADACEK, F. Secondary metabolites as plant traits: current assessment and future perspectives critical. *Reviews in Plant Sciences*, v.21, p. 273–322, 2002.

HEINZMANN, B. M. Compostos com enxofre. In: SIMÕES, C. M. O. Farmacognosia da planta ao medicamento. Porto Alegre/Florianópolis: UFRGS/UFSC, 1999. p. 623-639.

JACOBI, U. S.; FLECK, N. G. Avaliação do potencial alelopático de genótipos de aveia no início do ciclo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, p. 11-19, 2000.

JÖNSSON, M. Responses to oilseed rape and cotton volatiles in insect herbivores and parasitoids. 2005 Tese (doutorado) - Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, 2005.

KHALID, S., AHMAD, T. SHAD, R. A. Use of allelopathy in agriculture. *Asian Journal of Plant Sciences*, v. 1, p. 292-297, 2002.

LORENZI, H. *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas*. 3 ed. São Paulo: Nova Odessa, 2000. 608 p.

MACÍAS, F. A.; VARELA, M. R.; TORRES, A.; OLIVA M. R.; MOLINILLO J. M. G. Bioactive norsesquiterpenes from *Helianthus annuus* with potential allelopathic activity. *Phytochemistry*, v 48, p. 631–636, 1998.

MAHMOUD, S. S.; CROTEAU, R. B. Strategies for transgenic manipulation of monoterpene biosynthesis in plants. *Plant Science*, v.7, p. 366-373, 2002.

MAZZAFERA, P. Efeito alelopático do extrato alcoólico do cravo-da-índia e eugenol. *Revista Brasil. Bot.*, v.26, p.231-238, 2003.

MOHLER, C. L. Enhancing the competitive ability of crops. In: RADOSEVICH, S.R.; HOLT, J.S.; GHERSA, C. *Weed ecology: implications for management*. 2 ed New York: Wiley, 1997. p. 269 – 321

MOYER, J. R.; HUANG, H. C. Effect of aqueous extracts of crop residues on germination and seedling growth of ten weed species. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, v. 38, p. 131–139, 1997.

NELSON, C. J. Allelopathy in cropping systems. *Agronomy Journal*, v.36, p.853 – 853, 1996.

NORSWORTHY, J. K. Allelopathic potential of wild radish (*Raphanus raphanistrum*) *Weed Technology*, v. 17, p. 307–313, 2003.

NUNES, J. C. S.; ARAUJO, E. F.; SOUZA, C. M. BERTINI, L. A.; FERREIRA, F. A. Efeito da palhada de sorgo localizada na superfície do solo em características de plantas de soja e milho. *Revista Ceres*, v. 50, p 115 –126, 2003.

OSORNIO, J. J.; KUMAMOTO, J.; WASSER, C. Allelopathic activity of *Chenopodium ambrosioides* L. *Biochemical Systematics and Ecology*, v. 24, p. 195 – 205, 1996.

PERES, M. T. L. P.; PIZZOLATTI, M. G.; QUEIROZ, M. H.; YUNES, R. A. Potencial de atividade alelopática de *Gleichenia pectinata* Willd (PR.) *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 33, 1998.

PETERSEN, J.; BELZ, R.; WALKER, F.; HURLE, K.; Weed suppression by release of isothiocyanates from turnip-rap mulch. *Agronomy Journal*, v. 93, p. 37– 43, 2001.

PIRES, N. M.; PRATES, H. T.; PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de; FARIA, T. C. L. Atividade alelopática da leucena sobre espécies de plantas daninhas. *Scientia Agrícola*, p. 61 – 65, 2001.

PIRES, N. M.; OLIVEIRA, R. V. Alelopatia. In: OLIVEIRA, R. S.; CONSTANTIN, J. Plantas daninhas e seu manejo. Guaíba: *Agropecuária*, p. 145 –187, 2001.

PRATES, H. T.; PAES, J. M. V.; PIRES, N. M. PEREIRA FILHO, I. A.; MAGALHÃES, P. C. Efeito do extrato aquoso de leucena na germinação e no desenvolvimento do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, p. 909 – 914, 2000.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J. S.; GHERSA, C. *Weed ecology: implications for management*. 2 ed New York: Wiley, 1997. 589p.

RIZZARDI, M. A.; FLECK, N. G.; VIDAL, R. A.; MEROTTO JR, A.; AGOSTINETTO, D. Competição por recursos do solo entre ervas daninhas e culturas. *Ciência Rural*, v. 31, p. 707-714, 2001.

ROMAN, E. R.; VELLOSO, J. A. R. de O. Controle cultural, coberturas mortas e alelopatia em sistemas conservacionistas. In: Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). *Plantio direto no Brasil*. Passo Fundo: Aldeia Norte/Fundacep, 1993. p.77-84.

ROMAN, E. S. *Resistência de plantas daninhas a herbicidas*. Net, Passo Fundo, 2001. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do09.htm>. Acesso em: 15 jul. 2003.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; BAIER, A. C. *Avaliação de germoplasmas de colza (Brassica napus L. var. oleifera) padrão canola introduzidos no sul do Brasil, de 1993 a 1996, na Embrapa Trigo*. Net, Passo Fundo, 2000. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_bo06.htm>. Acesso em: 4 ago. 2003.

SANTOS, H. P. dos; VIEIRA, S. A.; PEREIRA, L. R.; ROMAM, E. S. Efeito de sistemas de cultivo no rendimento de grãos e outras características agronômicas das plantas de soja *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 26, p. 1539-1549, 1991.

SANTOS, J. C. F.; SOUZA, I. F.; MENDES, A. N. G.; MORAIS, A. R. CONCEIÇÃO, H. E. O.; MARINHO, J. T. S. Efeito de extratos de café e de arroz na emergência e no crescimento do caruru-de-mancha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, p. 783 -790, 1992.

SILVEIRA, E. P.; ASSIS, F. N.; GONÇALVES, P. R.; CASTRO, J. R. Época da semeadura da colza no sudeste do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 27, p. 1065-1072, 1992.

SOUZA FILHO, A. P. S. Atividade potencialmente alelopática de extratos brutos e hidroalcoólicos de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). *Planta Daninha*, v. 20, p. 357 – 64, 2002.

SOUZA FILHO, A. P. S.; ALVES, S.M. Potencial alelopático de plantas de acapu (*Vouacapoua americana*): efeito sobre plantas daninhas de pastagens. *Planta Daninha*, v. 18, p. 435 – 441, 2000.

SWAIN, T. Secondary compounds as protective agents. *Annual Review of Plant Physiology*, v.28, p.479 – 501, 1977.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Trad. Eliana Rebonato Santarém et al., Porto Alegre: Artmed editora, 2004. 719 p.

TEIXEIRA, C. M.; ARAÚJO, J. B. S.; CARVALHO G. J. Potencial alelopático de plantas de cobertura no controle de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) *Ciênc. Agrotec.*, v. 28, p. 691– 695, 2004.

THEISEN, G.; VIDAL, R. A. Efeito da cobertura do solo com resíduos de aveia preta nas etapas do ciclo de vida do campim-marmelada. *Planta Daninha*, v. 17, p.189 – 96, 1999.

TOMM, G. O. A cultura de colza padrão canola no Brasil. *Óleos e Grãos*, v. 8, p.26 – 30, 2000.

TOMM, G. O. *Situação atual e perspectivas da canola no Brasil*. Net, Passo Fundo, 2000. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co58.htm>. Acesso em: 11 jul. 2003.

TOMM, G. O. *Manual para cultivo de canola*. [S.l.: s.n.], [2003 ?]. 22 p.

TREZZI, M. M. *Avaliação do potencial alelopático de genótipos de sorgo*. 2002. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

WU, H.; PRATLEY, J.; LEMERLE, D. HAIG, T. Crop cultivars with allelopathic capability. *Weed Research*, v. 39, p. 171–180, 1999.

ZENG, R. S.; LUO, S. M.; SHI, Y. H. SHI, M. B.; TU. C. Y. Physiological and biochemical mechanism of allelopathy of secalonic acid F on higher plants. *Agronomy Journal*, v. 93, p.72–79, 2001.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Resumo da análise de variância para a característica de porcentagem de germinação (PG) em função de extrato, órgão e concentração. UPF, Passo Fundo, RS 2003

Fontes de Variação	GL	Porcentagem de germinação
		QM
Extrato	1	4013,63**
Concentração	4	1162,45**
Órgão	2	547,40**
Extrato x concentração	4	361,38**
Extrato x órgão	2	95,65*
Concentração x órgão	8	70,88**
Extrato x órgão x concentração	8	110,97**
Resíduo	90	26,60
C.V. (%)		41

** Significativo a 1%

* Significativo a 5%

APÊNDICE B – Resumo da análise de variância do índice de velocidade de emergência (IVE) da soja e do picão-preto em função do aleloquímico (palha e extrato) em diferentes concentrações. UPF, Passo Fundo, RS, 2004

Fontes de Variação	GL	IVE	
		Soja	Picão-preto
Aleloquímico	1	145,80 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Concentração	4	1243,50**	599,72**
Aleloquímico x concentração	4	503,80 ^{ns}	31,53 ^{ns}
Resíduo	90	350,87	36,84
C.V. (%)		28	53

** Significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F

^{ns} não significativo

APÊNDICE C – Resumo da análise de variância da porcentagem de germinação (PG) da soja, em função do aleloquímico (palha e extrato) em diferentes concentrações. UPF, Passo Fundo, RS, 2003

Fontes de Variação	GL	Porcentagem de germinação
		QM
Concentração	4	24.54 ^{ns}
Aleloquímico	1	0.625 ^{ns}
Aleloquímico x concentração	4	16.68 ^{ns}
Resíduo	30	10.77 ^{ns}
C.V. (%)		27

^{ns} Significativo

APÊNDICE D – Resumo da análise de variância da porcentagem de germinação (PG) do picão-preto, em função do aleloquímico (palha e extrato) em diferentes concentrações. UPF, Passo Fundo, RS, 2003

Fontes de Variação	GL	Porcentagem de germinação
		QM
Concentração	4	1326,53**
Aleloquímico	1	3,02 ^{ns}
Aleloquímico x concentração	4	53,96 ^{ns}
Resíduo	30	104,89
C.V. (%)		53

** Significativo a 1%

^{ns} Significativo

APÊNDICE E – Resumo da análise de variância da biomassa de plantas de soja, aos 30 e 45 dias após a emergência, em resposta a diferentes concentrações de aleloquímicos de canola (genótipo Hyola 420). UPF, Passo Fundo, RS, 2004

Fontes de Variação	GL	Biomassa			
		Parte aérea		Radicular	
		30 dias	45 dias	30 dias	45 dias
		QM	QM	QM	QM
Aleloquímico	1	2,38 ^{ns}	64,23 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Concentração	4	11,29 ^{ns}	5,48 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,106 ^{ns}
Aleloquímico x concentração	4	8,73 ^{ns}	28,28 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,605 ^{ns}
Resíduo	30	6,02	21,35	0,12	0,299
C.V. (%)		66	46	50	45

^{ns} não significativo

APÊNDICE F – Resumo da análise de variância da biomassa de plantas de picão-preto, aos 30 e 45 dias após a emergência, em resposta a diferentes concentrações de aleloquímicos de canola (genótipo Hyola 420). UPF, Passo Fundo, RS, 2004

Fontes de Variação	GL	Biomassa			
		Parte aérea		Radicular	
		30 dias	45 dias	30 dias	45 dias
		QM	QM	QM	QM
Aleloquímico	1	0,30 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Concentração	4	0,34 ^{ns}	1,51 ^{ns}	0,046 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Aleloquímico x concentração	4	0,02 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Resíduo	30	0,16	0,70	0,02	0,04
C.V. (%)		56	75	80	79

^{ns} não significativo

APÊNDICE G – Resumo da análise de variância da porcentagem de germinação (PG) do picão-preto, em função de genótipos, órgãos e concentrações de extratos aquosos obtidos de plantas secas de canola. UPF, Passo Fundo, RS, 2004

Fontes de Variação	GL	Porcentagem de germinação
		QM
Genótipo	2	578,46**
Concentração	4	8904,30**
Órgão	2	605,75**
Genótipo x concentração	8	110,19**
Genótipo x órgão	4	726,15**
Concentração x órgão	8	103,23**
Genótipo x concentração x órgão	16	64,91*
Resíduo	90	40,01
C.V. (%)		32

** Significativo a 1%

* Significativo a 7%

APÊNDICE H – Resumo da análise de variância da porcentagem de germinação (PG) do picão-preto, em função de genótipos, órgãos e concentrações de extratos aquosos obtidos de plantas verdes de canola. UPF, Passo Fundo, RS, 2004

Fontes de Variação	GL	Porcentagem de germinação
		QM
Genótipo	2	1059,08**
Concentração	4	5837,11**
Órgão	2	6,46 ^{ns}
Genótipo x concentração	8	315,72**
Genótipo x órgão	4	287,42**
Concentração x órgão	8	119,18**
Genótipo x concentração x órgão	16	182,88*
Resíduo	90	67,25
C.V. (%)		28

** Significativo a 1%

^{ns} Significativo

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)