



**INTERFERÊNCIA ALELOPÁTICA DA
CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.) SOBRE A
CULTURA DO CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.)
PLANTADA EM SUCESSÃO**

LUIS WAGNER RODRIGUES ALVES

2003

56971
048681

LUIS WAGNER RODRIGUES ALVES

**INTERFERÊNCIA ALELOPÁTICA DA
CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.) SOBRE A
CULTURA DO CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.)
PLANTADA EM SUCESSÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração
Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador
Prof. Dr. Itamar Ferreira de Souza

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2003

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Alves, Luis Wagner Rodrigues

Interferência alelopática da cultura do milho (*Zea mays* L.) sobre a cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) plantada em sucessão / Luis Wagner Rodrigues Alves. -- Lavras : UFLA, 2003.

89 p. : il.

Orientador: Itamar Ferreira de Souza.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Alelopátia. 2. Benzoxazolinona. 3. Sucessão de cultura. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-581.524

LUIS WAGNER RODRIGUES ALVES

**INTERFERÊNCIA ALELOPÁTICA DA CULTURA DO
MILHO (*Zea mays* L.) SOBRE A CULTURA DO CAFEIEIRO
(*Coffea arabica* L.) PLANTADA EM SUCESSÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração
Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.


APROVADA em 22 de outubro de 2003

Prof.^a Dra. Maria das Graças Cardoso - UFLA

Prof. Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes - UFLA

Pesquisador Dr. Elifas Nunes Alcântara - EPAMIG

Pesquisador Dr. Adelson Francisco de Oliveira - EPAMIG


Prof. Dr. Itamar Ferreira de Souza
UFLA
Orientador

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2003

AGRADECIMENTOS

À minha esposa e a meus filhos pelo auxílio, compreensão e amor, neste e em todos os momentos da vida.

À Universidade Federal de Lavras – UFLA, pela oportunidade do aprendizado e realização deste curso de doutorado.

Ao professor Dr. Itamar inicialmente pela grandiosa orientação profissional e definitivamente pela amizade.

À professora Dra. Graça pelos ensinamentos, amizade e agradável convívio no laboratório de Fitoquímica.

Ao professor Dr. Custódio D. dos Santos pelo apoio e ensinamento para a realização dos trabalhos de espectrometria no ultravioleta.

Aos amigos e colegas, alunos de pós-graduação, Cláudio C. Santos, Danilo Furtado, Emílio Ishida, Oscar Gaona, Luis Peñaherrera Colina, Nildo Arruda, pelo apoio e auxílio na parte experimental em Fitotecnia, e às amigas Lúcia H. B. Albert e Núbia M. Corrêa pelo convívio e amizade.

Aos amigos da Fitoquímica, Priscila, Anete, Ana Paula, Wellington, Fabiana, Daniele, Flávio, Gilberto, Fernando, Tácito, pela amizade, apoio e ensinamentos e, em especial, à Daniele Castro pelos ensinamentos apoio e colaboração em todo o trabalho da Fitoquímica.

À Lúcia A. Mendonça pelo apoio à realização deste trabalho.

A FAEPE e seus funcionários “Lazinho” e Cícero pela utilização da área experimental da Fazenda Palmital e pelo apoio.

Aos docentes, discentes e funcionários da UFLA que direta ou indiretamente tenham contribuído para a realização deste trabalho.

A Deus, o mentor de todos os eventos do universo, que permitiu que eu pudesse concluir esta missão.

SUMÁRIO

	LISTA DE SÍMBOLOS.....	i
	RESUMO.....	ii
	ABSTRACT.....	iii
1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1	Alelopatia.....	4
2.2	Aleloquímicos.....	5
2.3	Cultura do milho e a alelopatia.....	7
2.4	Cultura do café sob interferência alelopática.....	10
2.5	Outras plantas e a alelopatia.....	11
2.6	Ácidos hidroxâmicos.....	14
2.7	Identificação de metabólito secundário e sua potencialidade alelopática.....	19
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1	Experimento de campo.....	24
3.2	Bioensaio.....	28
3.2.1	Bioensaio com BOA.....	29
3.2.2	Bioensaio com extratos de cultivar de milho.....	29
3.2.3	Análise estatística.....	30
3.3	Ensaio de laboratório.....	30
3.3.1	Extração, purificação, caracterização e quantificação de BOA.....	30
3.3.1.1	Substância padrão.....	30
3.3.1.2	Preparo do extrato.....	31
3.3.1.3	Partição do extrato aquoso, hexanólico e etanólico.....	31
3.3.1.4	Análise cromatográfica.....	33
3.3.1.5	Espectrofotometria no infravermelho.....	34

3.3.1.6	Espectrofotometria no ultravioleta.....	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1	Experimento de campo.....	36
4.1.1	Produção de palha de milho.....	36
4.1.2	Mudas de cafeeiro.....	37
4.1.3	Desenvolvimento do cafeeiro.....	38
4.2	Bioensaio.....	46
4.2.1	Bioensaio com BOA.....	46
4.2.1.1	Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação.....	46
4.2.1.2	Desenvolvimento de radícula e hipocótilo.....	47
4.2.2	Bioensaio com extratos de milho.....	47
4.2.2.1	Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação.....	47
4.2.2.2	Desenvolvimento de radícula e hipocótilo.....	48
4.3	Caracterização da Substância dos Extratos.....	54
4.3.1	Solubilidade do BOA.....	54
4.3.2	Cromatografia de Camada Delgada.....	55
4.3.3	Espectrofotometria no Infravermelho.....	57
4.3.4	Espectrofotometria no Ultravioleta.....	60
5	CONCLUSÕES.....	64
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
	ANEXOS.....	73

LISTA DE SÍMBOLOS

BOA	2-benzoxazolinona
DIMBOA	2,4-dihidroxi-7-metoxi-1,4-benzoxazin-3-ona
MBOA	6-metoxi-2-benzoxazolinona
DMBOA	6,7-dimetoxi-2-benzoxazolinona
AZOB	2,2'-oxo-1,1'-azobenzeno
DIBOA	2,4-dihidroxi-1,4(2 <i>H</i>)-benzoxazin-3-ona
DAP	días após o plantio
CCD	cromatografia de camada delgada
R_f	fator de retenção
IV	infravermelho
UV	ultravioleta
ν	estiramento
δ	deformação angular
s	simétrico
as	assimétrico
μ	mícron

RESUMO

ALVES, L. W. R. **Interferência alelopática da cultura do milho (*Zea mays* L.) sobre a cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) plantada em sucessão.** 2003. 89 p. (Tese – Doutorado em Agronomia – Área de concentração Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

A cultura do cafeeiro plantada sobre restos da cultura do milho pode sofrer interferências em seu desenvolvimento devido aos efeitos alelopáticos. O objetivo deste trabalho foi avaliar esta interferência, através de ensaios de campo e laboratório, com caracterização de aleloquímicos presentes no milho. Os tratamentos do experimento em campo foram constituídos de três cultivares de milho (AG-1051, C-333 e C-435), plantadas no espaçamento de 90 cm em quatro densidades (4, 5, 6 e 7 plantas/m), mais dois tratamentos adicionais (testemunha sem milho e milho cultivar AG-1051 para silagem). No ano seguinte foi implantada a cultura do cafeeiro sobre as parcelas de milho do ano anterior. Foram avaliados altura, área foliar e diâmetro do caule das plantas do cafeeiro aos 10; 55 e 100 dias após o plantio. As cultivares AG-1051 e C-333 causaram efeitos detrimenais, em relação ao incremento de altura, área foliar e diâmetro do caule das plantas do cafeeiro, e este efeito foi maior na densidade de 7 plantas/m. A cultivar C-435 causou efeito estimulatório para os mesmos parâmetros avaliados, principalmente na densidade de 6 plantas/m. Em laboratório foram realizados dois bioensaios: um utilizando 2-benzoxazolinona (BOA) em cinco concentrações (3,0; 2,0; 1,0; 0,1 e 0,0 mmol/L de água) e outro com extratos das cultivares de milho AG-1051, C-333 e C-435, nas concentrações de 2,5%, 5,0%, 10,0% e 20,0%, mais a testemunha com água destilada. Avaliaram-se a percentagem e o índice de germinação, o crescimento da radícula e do hipocótilo da alface usada como planta teste. A resposta foi semelhante nos dois experimentos (com BOA e extratos), não havendo efeito significativo para germinação e índice de germinação. O crescimento de radícula e hipocótilo apresentou efeito prejudicial e o dano aumentou com o aumento da concentração dos tratamentos. Extratos aquosos das cultivares de milho foram purificados obtendo-se cristais que foram submetidos à caracterização em espectrofotometria no infravermelho. Os espectros dos cristais das amostras apresentaram bandas similares ao padrão (BOA), que suportaram a caracterização dos produtos nos extratos como sendo BOA. A quantificação em espectrofotometria no ultravioleta indicou AG-1051 com 29µg, C-333 com 24µg e C-435 com 21µg de BOA por grama de matéria fresca confirmando a hipótese de BOA ser o causador dos efeitos sobre o cafeeiro.

*Comitê orientador: Itamar Ferreira de Souza (Orientador) (DAG/UFLA) e Maria das Graças Cardoso (DQI/UFLA).

ABSTRACT

ALVES, L. W. R. Allelopathic effects of corn (*Zea mays* L.) crop residues on coffee (*Coffea arabica* L.) growth. 2003. 89 p. Tese (Doctor in Agronomy – Crop Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.*

Corn crop residues may interfere on subsequent coffee plantation. This work had the objective of identifying corn crop residues effects on coffee plants cv. Rubi growth under field and laboratory conditions. Field treatments were constituted of three corn cultivars (AG-1051, C-333 e C-435) planted at four densities (44,444; 55,555; 66,666; and 77,777, plants/ha), plus two additional treatments (control without corn plants and corn for silage). Next year coffee was planted in the same area. Plant height, leaf area and stem diameter of coffee plants were taken at 10, 55 and 100 days after planting (DAP). AG-1051 and C-333 corn cultivars inhibited coffee growth by affecting plant height, leaf area and stem diameter. The effects were greater with 77,777 plants/ha. C-435 stimulated coffee growth in all plant densities, but the effects were greater at 66,666 plants/ha. Two bioassays were performed on gerbox: first with BOA (2-benzoxazolinone) solution at 3.0; 2.0; 1.0; 0.1; 0.0 mmol/L, and the second with shoot herbage aqueous extracts of corn cultivars (AG-1051, C-333 e C-435) were used at 20; 10; 5; 2.5% (weight/volume) and control treatment with distilled water. The two experiments were similar with no significant effects on germination percentage and germination index but presented inhibitory effects on root length and shoot length of lettuce. The effects were increased with increase in BOA solution concentration and all cultivar extracts. Corn crop cultivars aqueous extracts were purified and crystals were characterized on infrared spectrophotometer and quantified on ultraviolet spectrophotometer. The infrared and ultraviolet spectra of BOA and extracts were similar. The amounts of BOA determined in shoot corn cultivars AG-1051, C-333 and C-435 were, respectively, 29, 24 and 21 µg/g of fresh tissue, indicating the possibility of BOA being the product that interfered on coffee growth.

*Guidance committee: Itamar Ferreira de Souza (Major Professor) (DAG/UFLA) and Maria das Graças Cardoso (DQI/UFLA).

1 INTRODUÇÃO

A cultura do cafeeiro apresenta grande importância econômica e social para o Brasil e, em especial, na região sul do estado de Minas Gerais, que apresenta uma imensa vocação para a cafeicultura constituindo a maior área plantada do país.

Como a cafeicultura é um empreendimento de longo prazo, sua implantação deve seguir padrões refinados de tecnologia, principalmente nos dias de hoje em que a economia apresenta-se globalizada, sendo necessária a busca da eficácia produtiva. Esta eficácia só será atingida através do aumento da produtividade, com qualidade, correlacionada à diminuição dos custos desta produção.

Neste contexto de implantação de novas áreas com cafeicultura moderna, muitas vezes são encontradas áreas agrícolas constituídas pela cultura de milho sendo substituídas pela cultura do cafeeiro. Contudo, agricultores e técnicos têm observado que a lavoura cafeeira implantada em sucessão à cultura do milho, normalmente apresenta dificuldades de desenvolvimento. Esse prejuízo no desenvolvimento da cultura, muitas vezes passando despercebido ou de causa atribuída a outros fatores, provoca um atraso na entrada da planta em produção, aliado a um potencial de redução na capacidade produtiva. Tudo isso impede que a cultura do cafeeiro atinja sua máxima capacidade produtiva.

Considerando a importância da cultura do milho e da cultura cafeeira e o problema apresentado, verifica-se a necessidade do conhecimento destes fatores de interferência, buscando uma real contribuição para o sistema produtivo da região. Parte dessa interferência é supostamente creditada à alelopatia que é reconhecida como importante mecanismo, para a determinação da produtividade das culturas, dentro dos ecossistemas em que a cultura do milho é parte integrante, com agravante de que diversas culturas são alelopáticas para elas

mesmas, ou seja, autoalelopáticas. A administração da rotação de culturas anuais, com base nas interações alelopáticas, foi recomendada visando minimizar seu impacto negativo, porém, no caso de sucessão de culturas, em que a sucedânea é planta perene, como o cafeeiro, há que se conhecer muito bem os aspectos da interferência, com vistas a evitá-los e elevar o padrão técnico do sistema.

Os objetivos deste trabalho foram: analisar em nível de campo o efeito da cultura do milho sobre a cultura do cafeeiro, plantada em sucessão; confrontar os resultados de campo com bioensaios em laboratório; caracterizar e quantificar os aleloquímicos do milho responsáveis por esses efeitos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No agro-ecossistema as comunidades biológicas são formadas por populações que se encontram em constante dinâmica e cuja constituição é definida por fatores físicos, tais como temperatura, luz, pressão atmosférica e por fatores químicos tais como oxigênio, água, compostos orgânicos e inorgânicos e ainda por interações químicas que entre eles se estabelecem, a maior parte das quais ainda pouco conhecida (Almeida, 1988).

Como exemplo dessas comunidades dinâmicas, Rhoades e Cates (Almeida, 1988), apresentam as que se encontram numa pastagem de uma região temperada da Europa, em pleno verão: em 100 m² existiam em média 150 000 plantas, as quais estavam associados diversos herbívoros e carnívoros, como aves e insetos, totalizando 30 000 espécies. Calculou-se que, acima e abaixo do solo, a população de bactérias, fungos e protozoários atingia um trilhão e que o terreno ao redor das raízes continha um bilhão de nematóides, cinco milhões de microartrópodes e um bilhão de vermes e microvermes.

À medida em que aumenta a densidade da comunidade, de plantas daninhas infestantes por exemplo, a importância de cada espécie como elemento competitivo fica reduzida. Ao contrário, a composição específica tende a adquirir maior importância em comunidades pouco densas, em que a plena manifestação do potencial e da diferença genética das espécies não é tolhida por um processo competitivo intenso (Ramos, 1992 e Pitelli, 1985).

Os indivíduos apresentam possibilidades de mudanças na expressão gênica, alterando o desenvolvimento do organismo e sua morfogênese, o que altera seu ciclo de vida indicando um rearranjo social e possível seleção culminando com a evolução natural das espécies mais adaptativas (Lerner, 1999). As interações que se desencadeiam entre os indivíduos destas comunidades foram chamadas por Muller de “interferências” (Almeida, 1988).

O termo interferência é muito amplo e engloba vários mecanismos que foram diferenciados em alelospolia, alelopatia e alelomeiação. Alelospolia ou competição é a interferência causada pelos organismos ao retirarem do ambiente elementos tais como, água, nutrientes e luz, baixando o seu teor a níveis que prejudicam o desenvolvimento normal de outros. Alelopatia é a introdução de substâncias químicas elaboradas pelos organismos, que afetam a comunidade. Alelomeiação ou interferência indireta é aquela que altera o ambiente físico ou biológico com reflexo aos seres vizinhos. Na natureza estes mecanismos ocorrem concomitantemente, sendo difícil distinguir e identificar os efeitos individuais, devido à complexidade biológica do processo.

2.1 Alelopatia

A partir de palavras gregas, allelon (mútuo) e pathos (prejuízo), Molisch em 1937 criou o termo alelopatia (Rice, 1984). Apesar da precisão de sua etimologia, o termo tem sido interpretado de diversas maneiras. Para Molish, engloba todas as interferências desencadeadas entre plantas, incluindo microorganismos, provocadas pela liberação de substâncias químicas, também denominadas aleloquímicos, por elas elaboradas, através dos tecidos vivos ou mortos. Abrange, portanto, efeitos benéficos e prejudiciais provocados por um organismo (doador) sobre outro (receptor). Muitos autores, porém, restringem o significado da palavra somente a efeitos prejudiciais e apenas entre plantas superiores, excluindo, portanto, os microorganismos. Outros, tendo em consideração que estas mesmas substâncias químicas influenciam as relações entre organismos de uma mesma comunidade que não só plantas, tais como microorganismos, insetos e herbívoros, propuseram que o termo abrangesse todas as interferências entre seres vivos provocadas por substâncias químicas por eles elaboradas, quer ocorressem ou não no reino vegetal. Este conceito, pela sua

generalização, parece o mais adequado, pois Rice (1984) reconhece que a exclusão dos efeitos benéficos de uma definição é completamente artificial havendo demonstrações de que os efeitos estimuladores ou inibidores dependem, essencialmente, de seu meio ambiente, portanto, não há dúvida de que muitas funções ecológicas importantes da alelopatia têm sido negligenciadas, porque o interesse da grande maioria dos pesquisadores está centralizado no efeito inibitório dos componentes (Jimenez et al., 1983).

A atenção com a alelopatia evidenciou-se na segunda metade do último século, porém há muito tempo que a potencialidade alelopática, influenciando a agricultura, foi reconhecida por Democritus e Theophrastus nos séculos 5º e 3º aC, respectivamente, e por de-Candolle em 1832. Em geral a alelopatia era relacionada com problemas de produção de culturas em certos tipos de solo e, em muitos casos, estas influências contribuíram para provocar certas mudanças no manejo das culturas como rotação, técnicas de semeadura, práticas de fertilização e plantas de cobertura (Putnam & Duke, 1978).

A alelopatia é reconhecida como importante e complexo mecanismo para a determinação da produtividade das culturas dentro dos agroecossistemas e, como diversas culturas mostraram-se alelopáticas para elas mesmas, ou seja, autoalelopáticas, a administração da rotação de cultura, com base nas interações alelopáticas, foi recomendada visando minimizar seu impacto negativo (Al-Mezori et al., 1999).

2.2 Aleloquímicos

As plantas produzem e estocam um grande número de compostos, denominados aleloquímicos, que são produzidos pelo metabolismo secundário, em baixas e variáveis concentrações, de acordo com a espécie, idade e condições

edafoclimáticas, possuindo propriedades alelopáticas e com potencial de interferir em outros organismos (Putnam & Duke, 1978).

Pertencem ao grupo dos aleloquímicos, de acordo com informações de Azania et al. (2003) e Durigan & Almeida (1993), os ácidos fenólicos, cumarinas, terpenóides, flavonóides, alcalóides, glicosídeos cianogênicos e derivados do ácido benzóico, que sofrem exsudação através das raízes, ou são lixiviados diretamente das plantas ou da decomposição de seus resíduos. Uma característica importante de muitos metabólitos secundários é a sua distribuição restrita na natureza, que em alguns casos limita-se a espécies ou subespécies únicas.

A doação ou receptação de aleloquímicos pelas plantas ou microorganismos modifica o desenvolvimento (Einhellig, 1986), pois altera diversas funções das plantas, tais como, absorção de íons, respiração, síntese protéica, permeabilidade das membranas celulares e síntese de clorofila. A alteração do metabolismo fisiológico das plantas provoca sintomas de fitotoxicidade, que podem advir da inibição parcial até total da germinação, danos à raiz, desorganização no mecanismo de absorção de nutrientes causando clorose e necrose, todos danos graves que podem conduzir à morte da planta (Chou & Patrick, 1976).

A comprovação do efeito alelopático é uma atividade complexa. Mesmo quando uma substância química é isolada e identificada, seu papel na interação entre plantas, sob condições de campo, não é totalmente claro e acrescenta-se a isto o fato de que um composto identificado pode estar ou não envolvido em alelopatia, dependendo ainda da espécie receptora (Barnes & Putnam, 1986). Visando realmente identificar os efeitos da interferência química alelopática, Williamson (1990) e Fuerst & Putnam (1983) propuseram uma série de critérios, a partir dos postulados de Koch para microbiologia: identificar e quantificar sintomas específicos de interferência; isolar, identificar e sintetizar a toxina,

verificando seu efeito biológico, através de bioensaio; simular a interferência através de aplicações semelhantes às doses naturais; quantificar as toxinas liberadas no ambiente e que atingiram a planta alvo. Apesar do reconhecimento da essencialidade destes critérios, alguns pesquisadores continuaram céticos com relação à viabilidade experimental que, conclusivamente, testasse as hipóteses das interações entre as toxinas das plantas. Desafios para as pesquisas com alelopatia incluem: a- aplicação continuada da dose exata liberada pela planta; b- alteração na toxicidade dos aleloquímicos através da degradação; c- interação entre aleloquímicos e seus efeitos exigindo assim complexo conhecimento químico, a concentração de cada componente e o mecanismo de liberação de cada componente. Contudo, com o aprimoramento da tecnologia de suporte aos trabalhos de pesquisa, as barreiras estão sendo superadas e cada vez mais se conhecem os mecanismos das interações alelopáticas.

2.3 Cultura do milho e a alelopatia

A cultura do milho tem sido reportada como alelopática para um grande número de plantas, como a soja (*Glycine max* L. Merrill), sorgo (*Sorghum bicolor*) (Ramamurthy & Shivashankar, 1995) e trigo (*Triticum aestivum*) (Guenzi & McCalla, 1966). Porém, relatos sobre sua autoalelopatia são contraditórios, podendo ser estimuladora ou inibidora e estar associada a cultivar, ao ambiente e ao estágio de desenvolvimento (Santos, 2002).

Com o advento da safrinha de milho no Brasil (Landers, 1994), assim como no Iraque, em que a cultura é plantada em duas épocas do ano, às vezes com intervalo de poucos dias entre os plantios, as colheitas têm sido menores do que quando da ocorrência de rotação com leguminosas e, análises de solo indicam que a redução na colheita do milho não ocorreu devido à deficiência de macro ou micronutrientes (Al-Mezori et al., 1999). Mais uma vez a alelopatia foi

então levada em consideração, pensando-se como um possível mecanismo de ação responsável pela redução no desenvolvimento e na colheita da monocultura do milho.

Em outra pesquisa realizada por Al-Mezori et al. (1999), utilizando extrato aquoso de raízes e parte aérea de milho, em várias concentrações, verificou-se a redução significativa no desenvolvimento de raiz, colmo e germinação de sementes de milho. A atividade inibitória do extrato de raiz foi bastante similar ao extrato do colmo. Trabalhos de pesquisa, elaborados por Ramamurthy & Shivashankar (1995), Gill & Sandhlu (1997), corroboram com as informações apresentadas anteriormente afirmando que extrato de milho possui efeito alelopático intermediário entre soja (menor efeito) e sorgo (maior efeito) e, ainda, que a incorporação de resíduos de milho ao solo provocou a redução significativa do desenvolvimento de raiz, parte aérea e germinação do milho, sendo que a redução na germinação foi mais dependente da concentração. Extratos de solo, em que havia resíduos de milho em decomposição, reduziram significativamente o desenvolvimento de raiz e colmo de plantas de milho.

Os aleloquímicos, envolvidos no experimento elaborado por Ramamurthy & Shivashankar (1995), foram isolados e identificados como sendo os ácidos ferúlico, siríngico, p-cumárico e vanílico, sendo que nenhum destes foi isolado do solo onde vegetou a testemunha, fato que, segundo o autor, sugere ser estas substâncias e não microorganismos, os responsáveis pela redução no desenvolvimento da cultura do milho e, se os microorganismos estiverem envolvidos neste processo, eles necessitariam de resíduos de milho para a produção das fitotoxinas. A concentração destas fitotoxinas foi maior após 6 semanas, em relação a 10 semanas de decomposição. Nas duas épocas de avaliação, os ácidos vanílico e siríngico apresentaram-se em maiores concentrações do que os ácidos p-cumárico e ferúlico.

Pesquisas anteriores evidenciaram outras fitotoxinas envolvidas nestes processos de decomposição de resíduos do milho, portanto, isto evidencia que diferenças podem ocorrer e serem atribuídas a diferentes tipos de ambiente, solo, espécies e, conforme verificado por Ramamurthy & Shivashankar (1995), também por populações de microorganismos, os quais são responsáveis pela decomposição dos resíduos da cultura do milho e conversão das fitotoxinas em elementos do solo, o que ficou demonstrado em trabalho de Woodhead (1981), que verificou ser o ambiente (destacando intensidade luminosa) um fator influenciador na produção de substâncias alelopáticas, para diferentes cultivares de sorgo.

O material vegetal apresenta decomposição variável ao longo do tempo, conforme a qualidade dos tecidos, do solo e das condições climáticas. Resíduos secos de vegetais maduros, como restos de colheitas do milho, causam fitotoxicidade menos intensa, porém mais duradoura, principalmente em baixa temperatura, ocorrendo o contrário com material fresco ou verde incorporado ao solo (Almeida, 1988). Portanto, a planta de milho no estágio fenológico R10 (Fancelli & Dourado Neto, 1996) possui matéria orgânica com alta relação carbono/nitrogênio (cerca de 64) apresentando decomposição lenta e, portanto, potencial alelopático menos intenso, porém mais duradouro.

Utilizando a substância DIMBOA padrão e extratos de dois híbridos de milho, para efetuar o controle de *Erwinia carotovora*, Corcuera et al. (1978) demonstraram que uma cultivar de milho (com genótipo BxBx que determina a produção de DIMBOA) e o DIMBOA apresentaram ótimo controle para aquela espécie. Por sua vez, outra cultivar de milho com genótipo bxbx (que não determina a produção de DIMBOA), praticamente não foi eficaz no controle do patógeno. Comprovadamente, as cultivares de milho apresentam características genéticas diferenciadas, para a produção de ácidos hidroxâmicos e, conseqüentemente, para a interferência em outros organismos do ambiente.

Extrato de plantas de milho, cultivar AG-1051 foram testadas por Santos et al. (2001), em bioensaio sobre alface. Os autores verificaram o potencial alelopático através da redução no crescimento de radícula e hipocótilo, da planta teste, à medida que as concentrações dos extratos eram aumentadas, sem contudo afetar significativamente a germinação.

2.4 Cultura do café sob interferência alelopática

As plantas daninhas interferem no cafeeiro, causando perdas no rendimento que, em alguns casos, podem chegar a um comprometimento total. As perdas provocadas pelas plantas daninhas podem ser diretas, como perdas no rendimento por competição, e/ou por alelopatia e, indiretas, como erosão do solo causada por cultivo excessivo, como hospedeiras para pragas e doenças, prejuízos físicos no momento da colheita e ainda contaminação na qualidade final do produto colhido (Ramos, 1992 e Pitelli, 1985). Uma cultura também pode se caracterizar como planta daninha e interferir em outra cultura.

Matéria seca de milho, quando incorporada ao solo na quantidade de 8 toneladas por hectare, afetou negativamente o incremento de área foliar, altura e o diâmetro do caule do cafeeiro, em até 60 dias após o plantio, com redução de 38,5% na altura das plantas (Santos, 2002). As quantidades de 2 e 4 toneladas por hectare de matéria seca não apresentaram efeito significativo, em relação à testemunha. Aos 180 dias após o plantio, a matéria seca de milho das cultivares C-435, C-333 e AG-1051, em cobertura, causou maior incremento de biomassa seca de caule do cafeeiro. Nesta época de avaliação a palha incorporada não apresentou efeito significativo. A cultivar C-435, quando teve sua palha incorporada ao solo na quantidade de 2 toneladas por hectare estimulou o incremento de biomassa seca das raízes do cafeeiro, porém, na quantidade de 4 e 8 toneladas por hectare o estímulo ocorreu com a matéria seca em cobertura.




A quantidade de matéria seca incorporada apresentou efeito significativo apenas para a cultivar AG-1051, com estimativa de decréscimo de 0,107g de biomassa seca de raízes por planta, para cada tonelada de resíduo adicionada por hectare.

Mudas de cafeeiro das cultivares Mundo Novo, Icatu e Obatã foram plantadas em vasos, por Souza et al. (2000), com o objetivo de testar o efeito da matéria seca de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*), quando incorporada ao solo na concentração de 0; 1,5 e 3% (peso/peso). O tratamento com 3% provocou redução em todos os parâmetros avaliados (altura, diâmetro, área foliar, entre outros) das cultivares Mundo Novo e Icatu, sendo que a cultivar Obatã apresentou efeito detrimental. O resíduo de capim braquiária reduziu a síntese de clorofila nas cultivares Mundo Novo e Icatu, porém sem afetar a Obatã. Santos (2002) não observou redução de clorofila na cultivar Rubi, em tratamentos nos quais matéria seca de milho foi mantida em cobertura ou incorporada ao solo.

2.5 Outras plantas e a alelopatia

A liberação dos aleloquímicos ocorre através da parte aérea das plantas ou por exsudação, a partir das raízes e afeta as culturas adjacentes e/ou sucedâneas. A planta de girassol (*Helianthus annuus* L.) libera seu conteúdo químico no solo e este é encontrado em até um metro de distância do local em que foi liberado sendo máximo sob a área de cobertura das plantas, mais precisamente entre 0 e 10 cm de distância, conforme informação de Azania et al. (2003). O autor afirma que a magnitude da inibição provocada pelo extrato da rizosfera decresce com a idade da planta de girassol e os principais aleloquímicos liberados e encontrados no solo são: ácido gálico, ácido clorogênico, ácido p-cumárico, ácido p-hidroxibenzóico, ácido caféico, ácido vanílico e ácido ferúlico. Treze lactonas sesquiterpênicas e quatro novos

30kg - 300%
x - 3%



produtos químicos oriundos do girassol foram testados em bioensaios, utilizando plantas teste eudicotiledôneas, tais como alface (*Lactuca sativa* L.), mentruz (*Lepidium sativum*), tomate (*Lycopersicon esculentum*), e monocotiledôneas tais como cevada (*Hordeum vulgare*) e trigo (*Triticum aestivum*). Todas as plantas mostraram redução em suas brotações e no comprimento de raiz, exceto mentruz e tomate, em soluções contendo guaianolídeos.

Muitos estudos sobre alelopatia são conduzidos com resíduos vegetais de centeio (*Secale cereale*), por causa da sua grande produção de biomassa e aparente fitotoxicidade provocada. Resíduo de centeio, segundo trabalhos de Putnam & DeFrank (1983), reduz a emergência de várias espécies de plantas daninhas de 43 a 100%, conforme os seguintes exemplos: ambrosia-americana (*Ambrosia artemisiifolia* L.) em 43%, capim-rabo-de-raposa (*Setaria viridis* L.) em 80%, caruru-gigante (*Amaranthus retroflexus* L.) em 95% e beldroega (*Portulaca oleracea* L.) em 100%. Resultado semelhante foi reportado por Shilling et al. (1985), para o sistema de plantio direto, em que a cobertura morta do solo formada por plantas dessecadas de centeio, reduziu a biomassa da parte aérea de ançarinha-branca (*Chenopodium album* L.) em 99%, caruru-gigante em 96% e ambrosia-americana em 92%, quando comparado à testemunha sem cobertura.

Para isolar o efeito alelopático sobre plantas daninhas causado por resíduos de centeio, do efeito de supressão física causado por resíduos superficiais de matéria seca em cobertura, Creamer et al. (1996) utilizaram extrato de plantas de centeio como testemunha. O método apresentou boa eficácia, demonstrando o efeito alelopático, em que o lixiviado, assim como o extrato de centeio, inibiu a emergência de *Solanum ptycanthum* Dun., em 98%.

A cultivar de centeio Forrajero-Baer exsuda ácido hidroxâmico através de suas raízes e, ainda, foi demonstrado que estes exsudados inibem crescimento de raiz de aveia selvagem (*Avena factua* L.). Contudo, o trigo de primavera

(*T. aestivum* L. cv. Nobo), que produz ácidos hidroxâmicos, não é capaz de exsudá-los e a aveia forrageira (*Avena strigosa* L.), um cereal que não produz ácidos hidroxâmicos, mas possui uma alta performance competitiva, também apresentam excelente efeito supressor de plantas daninhas (Pérez & Ormeño-Núñez, 1991; Cudney et al., 1989; Niemeyer, 1988). Logo, pode-se inferir que estas duas últimas, assim como outras plantas, possuem diferenciadas formas de competição e interferência, que não os ácidos hidroxâmicos.

Plantas de uva (*Vitis vinifera*), cultivadas simultaneamente com plantas de centeio, mesmo em condições de alto conteúdo de nutriente e abundante disponibilidade de água, apresentaram baixo desenvolvimento em relação à testemunha sem centeio, sugerindo que esta redução não foi causada por competição, mas sim, alelopatia (Weidenhamer, 1996; Nair et al., 1990).

Com o propósito de desvendar os motivos da influência negativa causada por ácidos fenólicos, produzidos no metabolismo de pepino (*Cucumis pepo*), sobre o desenvolvimento de plantas do próprio pepino, Politycka (2002) testou, em casa de vegetação, o fornecimento exógeno de ácido ferúlico, p-cumárico, p-hidroxibenzóico e vanílico. Os produtos prejudicaram várias atividades metabólicas, tais como permeabilidade da membrana celular associado à peroxidação de lipídeos, à capacidade da planta de realizar fenol-glicosídeos, ao metabolismo das poliaminas, à síntese de fenol e lignina e à atividade de várias enzimas.

Com base em observações práticas e nas pesquisas científicas, ficou constatado que o fenômeno da alelopatia ocorre nos ecossistemas naturais e nos agroecossistemas, através de substâncias biologicamente ativas liberadas por exsudação a partir de raízes ou lixiviados de plantas vivas ou em decomposição da biomassa (Politycka, 2002), sendo que praticamente todas as plantas possuem, em maior ou menor grau, condições de apresentar alguma interferência alelopática sobre organismos destes ambientes, pois, se isto não fosse verdade,

difícilmente estas plantas teriam superado a competição pela existência ao longo das gerações.

2.6 Ácidos hidroxâmicos

Os ácidos hidroxâmicos constituem um grupo de substâncias que ocorrem naturalmente em plantas, também classificados como carbamatos cíclicos (Tang et al., 1975), sintetizadas na rota metabólica do ácido shiquímico, mais precisamente na produção do aminoácido triptofano (Niemeyer, 1988). A função biológica dos ácidos hidroxâmicos na planta, conforme informa Almeida (1991), é na defesa das plantas contra patógenos, tal como o *Fusarium nivale*, contra pragas como *Ostrinia nubilalis* (Nair et al. 1990) e pulgão do trigo (*Metopolophium dirhodum*) (Argandoña et al., 1980) e diversas espécies de plantas daninhas (Blum et al., 2002).

Os compostos do grupo dos ácidos hidroxâmicos, nas plantas, apresentam variado grau de concentração e toxicidade, sendo que os mesmos normalmente não causam prejuízo às plantas que os sintetizam, porque aqueles ácidos se encontram na forma de glicosídeos e, assim, não são fitotóxicos. A toxicidade, principalmente para os organismos externos, se inicia quando ocorre dano nas células da planta e a enzima (benzoxazinone glicosidase) que promove a hidrólise do glicosídeo é liberada de sua compartimentalização. Ocorre então a separação da glicose e benzoxazinona e, esta última, possuindo grande toxicidade, exerce a função de proteção, conforme trabalho de Nair et al. (1990).

O conteúdo relativo de ácido hidroxâmico é sempre alto no sistema vascular do floema e decresce com o avanço da idade e desenvolvimento da planta (Argandoña & Corcuera, 1985). O conteúdo de ácidos hidroxâmicos em milho é variável conforme o tecido analisado, e eles estão ausentes nos exsudados do xilema e no líquido de gutação. As nervuras laterais das folhas

colhidas, após sete dias da emergência, contêm 8 mmol/kg de matéria fresca, enquanto a folha inteira contém 4,2 mmol/kg de matéria fresca decrescendo para 33% deste valor, quando as folhas de milho foram colhidas após 20 dias da emergência. No mesocótilo, o córtex e o cilindro central contêm 1,3 e 2,2 mmol/kg de matéria fresca, respectivamente.

A quantidade de 2-benzoxazolinona (BOA), encontrada por Tang et al. (1975), em plântulas estioladas de milho, trigo e centeio, comparada à substância padrão, em análise por espectrometria no ultravioleta e cromatografia gasosa, foi de 10 µg/g e 20 µg/g de peso fresco em folha e raiz de plântulas de trigo, respectivamente, até 90 µg/g em raiz e 710 µg/g em folhas de centeio, mostrando que a concentração de ácido hidroxâmico é variável conforme a espécie e a parte da planta analisada.

Estudando as variáveis na cinética da decomposição e atividade do 2,4-dihidroxi-7-metoxi-1,4-benzoxazin-3-ona (DIMBOA) dentro das plantas, Woodward et al. (1978a e 1978b) utilizaram espectrômetro Beckman IR-5, para análise no infravermelho e espectrofotômetro Varian T-60, para análise no ultravioleta (absorbância do composto em 273nm) visando caracterizar e quantificar este ácido hidroxâmico em gramíneas. DIMBOA e seu glicosídeo DIMBOA_{gli} representam mais que 1% da matéria seca das plantas de milho e que, em solução aquosa, este se decompõe rapidamente a 6-metoxi-2-benzoxazolinona (MBOA) e por sua vez este último é transformado em BOA. Semelhante estudo foi realizado por Barnes et al. (1987) simulando a cinética de decomposição do DIBOA_{gli} (2,4-dihidroxi-1,4(2*H*)-benzoxazin-3-ona glicosídeo) a BOA na planta, e de BOA a AZOB (2,2'-oxo-1,1'-azobenzeno) no solo (Figura 1).

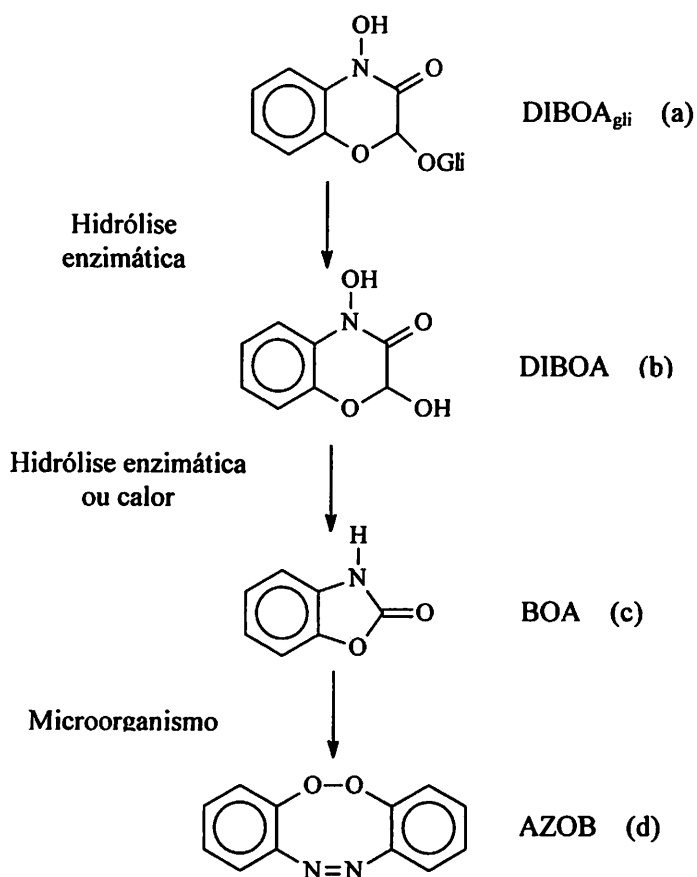


FIGURA 1. Estrutura do glicosídeo de DIBOA (a) isolados de planta sem injúrias, DIBOA (b) e BOA (c) isolados em planta com injúrias, e AZOB (d) isolado do solo.

No solo, a substância BOA foi prontamente transformada pela ação de microorganismos a AZOB, produto muito fitotóxico para mentruz e capim-arroz (*Echinochloa crusgalli* L Beauv), quando estas plantas foram cultivadas em solos não esterilizados, conforme demonstrou Nair et al. (1990). Benzoxazinonas podem estar envolvidas com atividade alelopática por longo período, desde que a mesma seja resistente à degradação microbiana.

Alternativamente, se um aleloquímico for metabolizado, é provável que metabólitos biologicamente ativos estejam envolvidos em todos os processos da alelopatia causada pelos resíduos de plantas, como o que ocorre com a benzoxazinona produzida por centeio que, quando é disponibilizada no solo, torna-se susceptível à transformação por vários microorganismos.

Em experimento realizado por Nair et al. (1990), BOA foi misturado de forma homogênea com solo estéril e não estéril, sendo deixado em incubação a 26°C por 10 dias. No solo não esterilizado, um composto foi caracterizado como AZOB, um azoperóxido produzido a partir de resíduos de centeio, pela ação de microorganismos. Neste mesmo experimento foi conduzido trabalho tendo como ponto de partida o DIBOA e resultando, após extração e purificação em BOA, AZOB e DIBOA não reativo. O solo esterilizado não produziu AZOB, sugerindo que este composto é produzido por microorganismos. Em um estudo em campo a substância BOA, disponível comercialmente, também produziu AZOB.

Experimentos visando isolar os organismos responsáveis pela transformação biológica da substância BOA, até aquela data (Nair et al., 1990) não foram conclusivos, pois as colônias isoladas não foram capazes de realizar aquela transformação. Segundo os autores, aparentemente, esta reação biológica não fornece vantagens para os microorganismos e, talvez, não seja uma reação fornecedora de energia, mas, ao contrário, pode ser catalisada por uma enzima oxidase extracelular. Contudo, a produção de AZOB foi demonstrada em campo, usando BOA como substrato, mesmo que em algumas vezes, a decomposição ocorra sem formar AZOB, levando a crer que o lixiviado do resíduo de centeio pode, também, disponibilizar alguns inibidores de enzimas que impedem a conversão metabólica de BOA a AZOB (Nair et al., 1990).

A bactéria grã-negativa *Acinetobacter calcoaceticus* foi isolada em solos de Michigan por Chase et al. (1991) que definiram ser a mesma responsável pela

biotransformação de BOA e DIBOA. Nestes estudos sobre transformação, solo inoculado com *Acinetobacter calcoaceticus* indicaram que a produção do AZOB aumentou linearmente com a concentração de BOA em solo esterilizado mostrando efeito quadrático em solos não esterilizados.

O resultado da pesquisa efetuada por Chase et al. (1991), com a identificação do *Acinetobacter calcoaceticus*, como agente microbiano responsável pela transformação de BOA a AZOB, foi recebido com certo ceticismo por Gagliardo & Chilton (1992), pois em demonstrações anteriores, os microorganismos do solo transformaram anilina substituída em azo composto (Bartha & Pramer, 1972), porém, a formação de uma ligação oxigênio-oxigênio entre fenóis é pouco comum. Contudo, o espectro ultravioleta-visível e o alto ponto de ebulição, reportados por Nair et al. (1990), para a substância isolada do solo incubado com BOA, foram os mesmos reportados para AZOB. Apesar das controvérsias há consenso de que BOA e DIBOA são produtos básicos responsáveis pela atividade alelopática provocada por resíduos de centeio e que produtos de sua transformação biológica aumentam consideravelmente o nível de fitotoxicidade.

A susceptibilidade toxicológica das plantas dicotiledôneas aos ácidos hidroxâmicos (BOA e DIBOA) é superior a das monocotiledôneas em 30%, conforme resultado de trabalhos realizados por Barnes & Putnam (1987). Experimentos iniciais utilizando mentruz (*Lepidium sativum* L.) e capim-arroz (*Echinochloa crusgalli* L. Beauv.) como plantas indicadoras mostraram um alto grau de toxicidade de AZOB sobre crescimento da radícula de ambas as espécies. Aparentemente AZOB foi mais tóxico do que BOA e DIBOA.

O efeito estimulatório causado por baixas concentrações de ácidos hidroxâmicos resulta na habilidade do mesmo de agir como quelatizante do íon férrico (Barnes & Putnam, 1987). As constantes de estabilidade de dois ácidos hidroxâmicos extraídos do milho, para complexos de íon férrico, foram

determinadas por Tipton & Buell (1970) e sendo maiores (DIMBOA $\log k = 21,3$ e DIBOA $\log k = 19,4$) do que as constantes do ácido cítrico ($\log k = 11,9$), o qual é reportado como responsável pela absorção e transporte do íon férrico em plantas superiores. Os autores concluíram que, nas concentrações presentes em plantas jovens de milho, grandes proporções de íon férrico estarão na forma de complexos de ácidos hidroxâmicos. Contrariamente, Reigosa et al. (2001), usando alface como planta teste, verificou que concentrações crescentes de BOA provocaram perda de vários íons pelas raízes. Ainda, a ordem decrescente para ânions e cátions perdidos foi: $\text{NO}_3^- > \text{PO}_4^{3-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ e $\text{K}^+ > \text{Ca}^{+2} > \text{NH}_4^+ > \text{Mg}^{+2}$. Ao testar efeito de BOA e herbicida (linuron e fluometuron), o autor concluiu que também BOA é muito ativo comparado aos herbicidas, podendo inclusive ser utilizado no manejo de planta daninha em sistema de plantio direto ou agricultura sustentável, com o objetivo de minimizar o uso de herbicidas (Nagabhushana et al., 2001).

2.7 Identificação de metabólito secundário e sua potencialidade alelopática

O estudo fitoquímico das substâncias do metabolismo secundário é tarefa que demanda muita atenção, pois, com a pequena quantidade produzida é difícil extrair e identificar muitos destes compostos, sendo que apenas aqueles produzidos em maiores quantidades são isolados e identificados pela fitoquímica clássica (Matos, 1988). Para extrair, caracterizar e identificar aleloquímicos, Simões et al. (1999) e Matos (1988) recomendam os seguintes passos: escolha da planta a ser estudada com sua respectiva identificação botânica; coleta e preparação do material; investigações preliminares (bioensaios); isolamento e purificação dos metabólitos e determinação da estrutura molecular. Para a efetivação destes passos muitas técnicas são hoje disponíveis e, dentre elas, partição em solventes, ponto de ebulição, ponto de fusão, espectrometria de

massa, espectrofotometria no infravermelho, espectrofotometria no ultravioleta, espectrometria de ressonância magnética e cromatografia, dentre outras são utilizadas (Silverstein & Webster, 2000; Pavia et al., 1996; Skoog & Leary, 1992; Soares et al., 1988; Cooper, 1977; Dyer, 1969 e Raw & Colli, 1965).

Em pesquisas que objetivavam a caracterização de precursores de benzoxazolinona em plantas de centeio, Hietala & Virtanen (1960) demonstraram que o glicosídeo de benzoxazolinona (BOA_{glu}) forneceu pico de absorbância máximo de 255nm para o coeficiente de extinção (ϵ) de 7570, e máximo de 281nm para o coeficiente de extinção (ϵ) de 5160 para análise em espectrômetro no ultravioleta. Benzoxazolinona aglicônico (BOA) apresentou pico de absorbância máximo de 254nm para o coeficiente de extinção (ϵ) de 8500, e máximo de 282nm para o coeficiente de extinção (ϵ) de 5800. Isto demonstra que os espectros são similares e que, provavelmente, a estrutura das substâncias seja a mesma, após a separação do glicosídeo.


A potencialidade alelopática do eupatório (*Eupatorium maximiliani* Schrad) foi comprovada através de bioensaios e, posteriormente, Corrêa (1996) extraiu, purificou e identificou diversos compostos do metabolismo secundário, sendo que a maioria apresentou algum efeito sobre plantas teste. A autora demonstrou também que os compostos isolados apresentaram potencial alelopático sobre o crescimento radicular e parte aérea de diversas plantas teste, como o caruru (*Amaranthus* sp.), picão preto (*Bidens pilosa*), arroz (*Oryza sativa*), milho (*Zea mays*), feijão (*Phaseolus vulgaris*) e alface (*Lactuca sativa*). Ainda, extrato de folhas de eupatório na concentração de 10 mg/mL inibiu a germinação das sementes de alface em 55%, enquanto sementes de caruru e picão preto foram inibidas em 100%. As plântulas de alface, arroz e feijão apresentaram redução no desenvolvimento da radícula e da parte aérea, em mais de 63% em relação ao tratamento com água destilada, sendo que epicótilo e

hipocótilo do feijoeiro apresentaram-se com desenvolvimento anormal contorcidos.

Prospecção para caracterizar e identificar aleloquímicos em plantas de centeio foi efetuada por Barnes et al. (1987), que utilizaram diversas metodologias, tais como partição em solventes de polaridades crescentes (hexano, éter etílico, diclorometano e acetato de etila), cromatografia de camada delgada e espectrometria no ultravioleta e identificaram a existência de dois compostos extremamente fitotóxicos, 2,4-dihidroxi-1,4(2*H*)-benzoxazin-3-ona (DIBOA) e o resultante de seu metabolismo 2-benzoxazolinona (BOA). Realizando bioensaio com extrato de centeio sobre mentruz, os autores verificaram que o I_{50} dos produtos solúveis em éter etílico a partir de extrato aquoso foi 0,37 mM e 1,05 mM, para desenvolvimento de radícula e parte aérea, e somente o DIBOA mostrou efeito significativo sobre capim arroz. Nenhum dos compostos inibiu a germinação nas concentrações testadas e DIBOA estimulou o desenvolvimento de raiz e parte aérea de mentruz, na menor concentração (0,09 mM).

É importante ressaltar que os resultados obtidos em laboratório nem sempre são os mesmos que em nível de campo, pois, no solo, os compostos podem interagir entre si ou com outros, serem metabolizados por microorganismos a compostos mais ou menos ativos (Riffle et al., 1990), e estes metabólitos podem apresentar efeitos variáveis dependendo da concentração disponibilizada e da espécie receptora.

A caracterização de extenso número de substâncias do grupo benzoxazinona, com derivação na posição 2, foram realizadas por El-Nagdy et al. (1989). Para tanto, várias técnicas foram utilizadas sendo a espectrofotometria no infravermelho uma delas. Os espectros indicaram grupos de nitrogênio (lactamas) e carbono (lactonas), com bandas de absorbância bem



características e que a utilização de substituintes do radical da posição 2, favorecem a identificação dos compostos.

A identificação e quantificação de substâncias do grupo das benzoxazolinonas, através de partição, cromatografia de camada delgada e de coluna, espectrometria no ultravioleta e finalmente cromatografia líquida de alta performance (HPLC), em trabalho elaborado por Pessi & Scalorbi (1979), mostrou que o tecido fresco de plântulas estioladas de milho apresentou 210, 1540 e 980 µg/g de BOA, MBOA e DMBOA, respectivamente, consistente com o resultado de outra cultivar da mesma espécie. O conteúdo de ácidos hidroxâmicos varia de acordo com as espécies, idade das plantas e o tecido analisado (Barnes & Putnam, 1987), como é o caso do centeio, que interfere no crescimento de diversas espécies de plantas, sendo a parte aérea duas vezes mais inibitória do que a parte radicular (Barnes & Putnam 1986). Portanto, em trabalho subsequente Barnes et al. (1987) isolaram e caracterizaram aleloquímicos mais tóxicos para mentruz, com base em extrato da parte aérea.

Bioensaio com extrato aquoso de parte aérea de *Abutilon theophrasti*, *Chelidonium majus* e *Rumex obtusifolius* mostraram redução significativa no peso de matéria seca de plântulas de trigo, milho e soja (Beres & Kazinczi, 2000), mas não reduziram o peso da matéria seca de cevada e girassol (*Helianthus annuus*). As palhas de *Abutilon theophrasti*, *Asclepias syriaca*, *Datura stramonium* e *Rumex obtusifolius* incorporadas ao solo reduziram consideravelmente o peso da matéria seca de plantas de milho e soja, e estimularam o incremento de matéria seca em plantas de trigo e cevada.

Extratos aquosos de parte aérea de 13 cultivares de girassol (*Helianthus annuus*) foram testados sobre 17 espécies de plantas daninhas. Os extratos das folhas inibiram o desenvolvimento de mostarda selvagem (*Sinapis arvensis*) em 75%, enquanto que concentrações abaixo de 10% promoveram o

desenvolvimento de até 150%, para a mesma planta (Azania et al. 2003), em relação à testemunha.

Em estudos elaborados por Blum et al. (2002) foi caracterizado que resíduo de raiz de trigo estimulou a emergência de corda-de-viola (*Ipomoea spp.*) e guanxuma (*Sida spinosa* L.) e reduziu a emergência de caruru (*Amaranthus retroflexus* L.), em comparação à testemunha sem resíduos. Resíduo da parte aérea do trigo não afetou a emergência daquelas plantas daninhas. Os autores concluíram que os efeitos de resíduo de trigo variam consideravelmente sobre diferentes espécies de plantas dicotiledôneas, em diferentes épocas (anos) e que seria importante caracterizar os aleloquímicos envolvidos neste processo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento de campo

O experimento foi implantado na Fazenda Palmital, área agrícola da FAEPE (Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão), no município de Ijaci MG, em novembro de 2000, local em que nos anos anteriores existia capim braquiária (*Brachiaria decumbens* L.).

O clima da região é classificado como cw (inverno seco com verão úmido), segundo classificação de Koppen. O regime pluviométrico mensal do período de condução do experimento é apresentado na Figura 2. A umidade relativa do ar, insolação, temperaturas mínima, máxima e média são apresentadas na TABELA 1A.

O experimento foi instalado utilizando como tratamento três cultivares de milho (C-333 híbrido simples, AG-1051 híbrido duplo de ciclo normal e C-435 híbrido duplo precoce), plantados no espaçamento de 0,90 m entre linhas

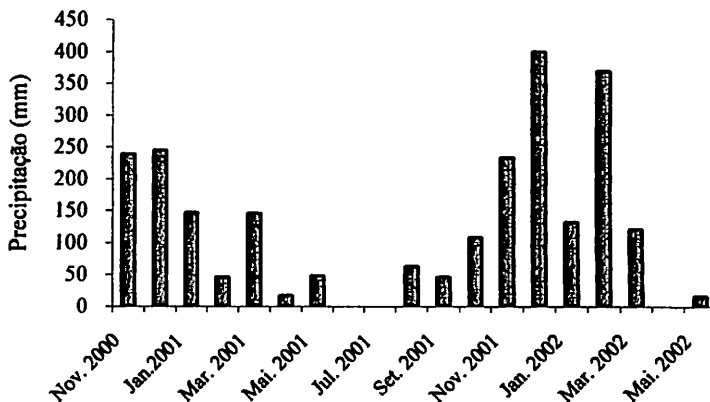


FIGURA 2. Regime pluviométrico do período de condução do experimento (novembro/2000 a maio/2002). UFLA, Lavras – MG. 2003.

em quatro densidades (44.444, 55.555, 66.666 e 77.777 plantas por hectare) correspondendo a 4, 5, 6 e 7 plantas por metro linear. Foram utilizados dois tratamentos adicionais, sendo um a área controle, sem plantio de milho e outro, em que a cultivar AG-1051 foi plantada e colhido (estádio de desenvolvimento R7, grão no estado pastoso) no sistema para produção de silagem.

O delineamento experimental foi caracterizado por parcela subdividida no tempo, fatorial com tratamento adicional (dois) na parcela (3 x 4 + 2) totalizando 14 tratamentos com 3 repetições integralizando 42 parcelas e 84 sub parcelas. Cada parcela foi constituída de uma área de 120 m² (10 x 12 m), com área experimental total de 5040 m². A área útil da parcela, para tomada de dados na cultura do milho (tratamentos) e na cultura do cafeeiro, foi de 80 m² (8 x 10 m).

As análises das plantas do cafeeiro foram efetivadas com base nas avaliações aos 10, 55 e 100 dias após o plantio (dias após o plantio = DAP).

A correção do solo foi efetuada no ano de 2000 tendo como base os resultados de análise de solo (Tabela 1). A adubação foi efetuada utilizando-se 400kg de fertilizante da fórmula 08-28-16 + Zn, conforme recomendação do resultado da análise de solo e seguindo as Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação (1999).

As cultivares de milho, constituindo os tratamentos do experimento, foram plantados em 14 de dezembro de 2000 no sistema convencional, com espaçamento de 0,90m e densidade de 8 plantas por metro linear. Dez dias após a emergência as parcelas foram desbastadas, para se adequar às densidades correspondentes aos tratamentos (4, 5, 6 e 7 plantas/m).

O controle das plantas daninhas foi realizado através de capina manual nos dias 15-16/01/2001 e 13-14/02/2001.

TABELA 1 – Resultado da análise físico-química do solo em que o experimento foi instalado. UFLA, Lavras-MG, 2003.

Análise Química												
H ₂ O	--mg dm ⁻³ --		-----cmol dm ⁻³ -----						-----%----		dag Kg ⁻¹	
pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	MO
5,9	3,1	67	2,8	2,7	0	2,3	5,7	5,7	8	71,1	0	2,4
Análise Física (dag Kg ⁻¹)												
Areia				Silte				Argila				
30				22				48				

Para a avaliação dos efeitos dos tratamentos, a quantidade de matéria seca produzida foi determinada através de amostragem da parte aérea das cultivares de milho, que foram colhidas no período de 03 a 05/04/2001. O material colhido no campo foi acondicionado em sacos de papel e levado para secar em estufa ventilada à temperatura de 60°C, até atingir peso constante. Posteriormente o material foi pesado e seu peso foi extrapolado para hectare.

A colheita e retirada da matéria seca de espigas e grãos foram realizadas manualmente em 25/04/2001, não fazendo parte do tratamento. A parte aérea restante (palha) foi derrubada e deixada sobre o solo, num processo de decomposição natural.

A cultura do cafeeiro, cultivar Rubi, foi implantada na área experimental em 27-28-30/12/2001, em sucessão à cultura do milho, no sistema de cultivo mínimo, utilizando sulcador, em que a área foi sulcada a 0,40m de profundidade. Os sulcos destinados às linhas de plantio foram espaçados 3,0 m entre si, e o espaçamento entre plantas na linha foi de 0,70 m. Durante a operação para abertura de sulcos para plantio, a palha do milho foi incorporada junto com o solo e a entrelinha ficou com a cobertura morta na superfície.

Imediatamente antes da operação de plantio das mudas de cafeeiro foram aplicados 200g de calcário dolomítico e 80g de superfosfato simples por metro linear de sulco. Foi realizada adubação de cobertura com nitrogênio e potássio utilizando 30g por planta da fórmula 20-00-20, sete dias após o plantio.

O controle de plantas daninhas foi realizado através de capina manual com enxada, em 16 a 18/01/02, 13 a 15/02/02 e 19 a 21/03/02.

Os parâmetros avaliados na cultura do cafeeiro foram:

Altura das plantas: as plantas foram medidas, através de régua graduada, do coleto até o meristema apical da parte aérea.

Diâmetro do caule: medidos com auxílio de paquímetro, na região do coleto.

Área foliar: medida conforme sistema empregado por Barros et al. (1973), em que se mede com régua graduada o comprimento de cada folha com mais de 3 cm do ápice até a base, não incluindo o pecíolo, e a largura máxima da folha, aplicando-se na fórmula, $\text{Área} = \text{Comprimento} \times \text{Largura} \times 0,667 \times 2$. Uma folha de cada par da planta do cafeeiro foi medida multiplicando-se por dois e por somatório determinou-se área foliar total. A variação do incremento da área foliar entre as épocas de avaliação foi determinada pela subtração da área total da última avaliação menos a avaliação anterior.

As plantas escolhidas para as avaliações, no total de quatro por parcela, foram sorteadas ao acaso dentro da área útil.

Aos 10 dias após o plantio da lavoura do cafeeiro as características analisadas (incremento de área foliar, diâmetro e altura de plantas do cafeeiro) foram avaliadas servindo como referência para as demais avaliações, que foram realizadas nas mesmas plantas aos 55 e 100 dias após o plantio.

Os dados obtidos nas culturas de milho (tratamento) e cultura do cafeeiro foram submetidos à análise de variância e as interações significativas foram desdobradas, comparando-se as médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Foi utilizado o software SISVAR (Ferreira, 2000).

3.2 Bioensaios

Os bioensaios foram conduzidos no laboratório de sementes da Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), município de Alfenas MG.

Foram montados dois experimentos, um testando doses de BOA (adquirido de Aldrich Chemical Co., Milwaukee, Wisconsin - USA) e outro testando extratos das cultivares de milho AG-1051, C-333 e C-435 tendo como planta teste alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Vera, tipo crespa.

Os experimentos foram efetuados em caixa Gerbox, forradas com papel filtro (Whatman 4) com 50 sementes da planta teste. Cada Gerbox constituiu uma parcela.

Os parâmetros avaliados foram:

Porcentagem de germinação: através de contagem diária de sementes que germinaram em relação ao total semeado, aplicando-se a seguinte fórmula:

$$G = 100 \cdot \sum n_i / N, \text{ em que;}$$

G = porcentagem de germinação

n_i = número de sementes germinadas no i ésimo dia

N = número total de sementes colocadas para germinar, em cada Gerbox

Índice de velocidade de germinação (IVG): foi calculado com base na fórmula utilizada por Abreu et al. (2001):

$$IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n, \text{ em que;}$$

G_1, G_2, G_n = número de sementes germinadas no dia da contagem.

N_1, N_2, N_n = dia da contagem.

Comprimento de radícula e hipocótilo: ao sétimo dia após a implantação do bioensaio as caixas Gerbox foram abertas, para medição do comprimento da radícula e do hipocótilo das plantas de alface, com auxílio de paquímetro.

3.2.1 Bioensaio com BOA

O experimento foi implantado nas concentrações de 3,0; 2,0; 1,0; 0,1 e 0,0 mmol/L em éter etílico. Foi adicionado um tratamento com o solvente puro, como branco, para avaliar o nível de interferência do solvente.

As soluções foram aplicadas sobre o papel filtro de cada Gerbox, com o auxílio de uma pipeta, na dosagem de 7 mL. As caixas receberam o tratamento com solução e foram deixadas em ambiente à temperatura de 20°C, por um período de 60 minutos, para total volatilização do solvente. Em seguida as sementes de alface foram plantadas e irrigadas com 7mL de água destilada e as caixas gerbox foram vedadas com fita adesiva.

O delineamento experimental foi o de esquema inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições.

3.2.2 Bioensaio com extratos de cultivares de milho

Plantas de milho das três cultivares (AG-1051, C-333 e C-435) testadas foram coletadas em campo, no estágio V3 (planta com 12 folhas, Fancelli & Dourado Neto, 1996), cortadas em fragmentos de 2 cm e levadas à estufa a uma temperatura de 50°C até obtenção de peso constante. A matéria seca de cada cultivar foi imersa em água destilada usando 100g de matéria seca para 500 mL de água destilada (20% p/v). O extrato aquoso obtido foi filtrado em papel de filtro e a partir deste extrato estoque foram preparadas soluções diluídas (10%, 5% e 2,5%) em água destilada, para constituir parte dos tratamentos do bioensaio. Foi incluído um tratamento adicional com água destilada.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), no esquema fatorial 3 x 4 + 1, totalizando 13 tratamentos, com quatro repetições. Cada parcela foi constituída de um Gerbox com 50 sementes de alface.

3.2.3 Análise estatística

Os resultados obtidos dos bioensaios foram submetidos à análise de variância, as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade e análise de regressão sendo que as interações significativas foram desdobradas. Para o nível de significância, entre as médias dos tratamentos nível zero de BOA (testemunha) e apenas éter, foi utilizado o teste de Scheffé.

A realização das análises estatísticas foi efetivada utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2000).

3.3 Ensaios de laboratório

Os trabalhos foram conduzidos no laboratório de Fitoquímica do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras MG.

3.3.1 Extração, purificação, caracterização e quantificação de BOA

3.3.1.1 Substância padrão

O produto 2-benzoxazolinona (BOA) foi adquirido de Aldrich Chemical Co., Milwaukee, Wisconsin - USA e utilizado como padrão para a elaboração de todos os testes. Inicialmente BOA foi submetido a testes de solubilidade, em solventes com gradiente de polaridade, usando-se 20mg de BOA para 1mL de cada solvente, seguido de agitação por 15 e 30 segundos.

3.3.1.2 Preparo do extrato

Com a parte aérea das plantas de milho (cultivares AG-1051, C-435 e C-333) que foram coletadas no estágio V3 (Fancelli & Dourado Neto, 1996) cortadas em fragmentos de 2 cm, foram preparados três tipos de extratos.

Extrato aquoso: a técnica utilizada para obtenção dos extratos foi a de extração a frio preconizada por Barnes et al. (1987). A matéria fresca foi levada à estufa ventilada à temperatura de 55 °C até obtenção de peso constante. Esta (289,8 g da cultivar AG-1051, 315,0 g da cultivar C-333 e 409,5 g) foi colocada em água destilada até cobertura das folhas e deixada em repouso, na temperatura ambiente (20 °C) durante 4 horas. O extrato aquoso foi obtido por filtragem em papel tipo Whatman 2 e a parte sólida foi descartada.

Extratos hexanólico e etanólico: a matéria fresca da parte aérea das plantas das cultivares de milho AG-1051, C-435 e C-333 foi colocada em refluxo lento por 24 horas. Em seguida filtrou-se papel tipo Whatman 2, decantou-se e descartou-se o material sólido, e a fase líquida obtida foi submetida à partição em solventes com diferentes polaridades.

3.3.1.3 Partição do extrato aquoso, hexanólico e etanólico

Os solventes utilizados para separar os constituintes químicos do extrato aquoso, hexanólico e etanólico foram hexano, éter etílico, diclorometano e acetato de etila, conforme Barnes et al. (1987) (Figura 3). A fase orgânica de cada partição foi separada e a fase remanescente reutilizada para as próximas extrações com os solventes subseqüentes. Cada solução oriunda da partição do solvente subseqüente foi desidratada com sulfato de magnésio anidro e filtrada após duas horas. Esta foi evaporada utilizando o evaporador rotativo modelo Buchi R-114 que foi acoplado em uma bomba de vácuo com pressão de 200mm

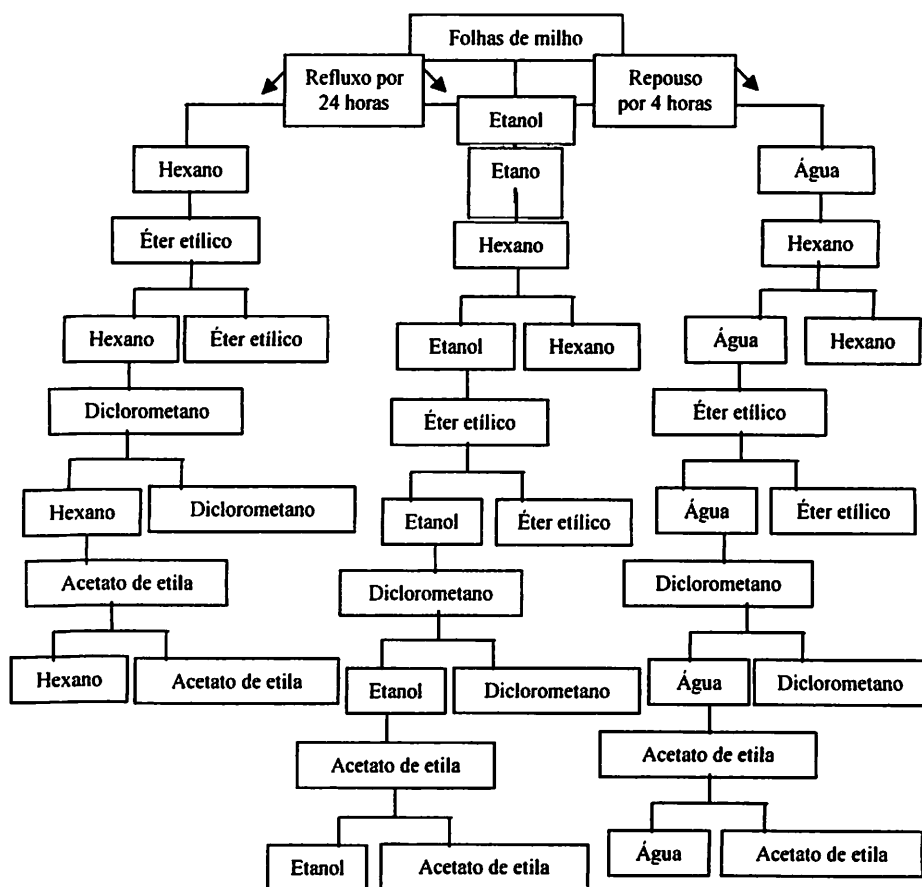


FIGURA 3. Diagrama da partição dos extratos, aquoso, hexanólico e etanólico das folhas das cultivares de milho. UFLA, Lavras – MG. 2003.

de Hg. O produto obtido foi levado à estufa (35 °C) para evaporar o solvente remanescente e, posteriormente armazenados em geladeira a 5 °C.

3.3.1.4 Análise cromatográfica

Para separação do BOA, a metodologia utilizada foi a de cromatografia de camada delgada (CCD), utilizando-se como fase estacionária Sílica Gel 60 GF 254 (Merk®). Com a utilização de capilares foram aplicadas micro-gotas das soluções de BOA diluído em éter etílico e dos extratos orgânicos das cultivares de milho, em placa cromatográfica. O desenvolvimento cromatográfico procedeu-se de forma unidimensional ascendente, em misturas de eluentes com diferentes graus de polaridade. Utilizaram-se como eluentes misturas binárias de clorofórmio/acetato de etila, na proporção de 1:1 e 9:1 e clorofórmio/metanol na proporção de 1:1 e 9:1.

A cromatoplaça foi observada sob luz ultravioleta (UV), no comprimento de onda de 366nm e, paralelamente, a mesma foi revelada em atmosfera de iodo, determinando-se posteriormente o fator de retenção (R_f).

A substância particionada, a partir dos extratos, foi purificada utilizando placas de cromatografia (2,4 x 10cm e 10 x 20cm). Cada placa após a revelação apresentava a mancha característica para BOA, esta região da mancha foi raspada e solubilizada em éter etílico, e, posteriormente, filtrada, para a separação da sílica. Repetiu-se o processo, para obtenção de maior quantidade da substância, comparando-se com o R_f apresentado pelo BOA. As soluções foram volatilizadas e os produtos obtidos foram levados à estufa para total eliminação do solvente. Os produtos foram cristalizados em hexano e os cristais obtidos foram submetidos às análises de espectrofotometria no infravermelho e espectrofotometria no ultravioleta.

3.3.1.5 Espectrofotometria no infravermelho

O procedimento de análise para caracterização química em espectrofotometria no infravermelho (IV) foi realizado em espectrofotômetro Shimadzu FTIR-8201, utilizando como suporte pastilhas de KBr (brometo de potássio).

Primeiramente procedeu-se à calibração do equipamento, com KBr puro visando equilibrar a leitura da absorção, zerando qualquer interferência do suporte. Posteriormente a substância BOA (padrão comercial) foi submetida à análise para caracterização de suas bandas de absorbância e o espectro foi utilizado como padrão, na comparação com os espectros dos compostos oriundos dos extratos aquosos das três cultivares de milho.

3.3.1.6 Espectrofotometria no ultravioleta

Para caracterização e quantificação do produto padrão (BOA) utilizou-se a espectrofotometria de varredura no ultravioleta, cujo espectro foi fornecido pelo equipamento Varian Cary 50 Probe, através da análise em cubetas de quartzo de um centímetro de caminho ótico e dimensões externas de 12,5 mm, 12,5 mm e 45 mm, com capacidade de 3 mL e apropriadas à região de 165 a 2600 nm.

Inicialmente, procedeu-se à calibração da leitura do espectro de absorção, no intervalo de 200 a 500 nm, utilizando amostra em branco, constituída de 3 mL de álcool etílico, sendo eliminado (zerado) o efeito do solvente e outras possíveis interferências. Posteriormente o produto padrão (BOA) foi solubilizado em etanol e levado à análise de espectrofotometria para caracterização, sendo que o mesmo apresentou pico de absorbância em 272 nm o qual foi utilizado como referência. Em seguida o padrão foi submetido à análise

de espectrofotometria, em duplicata, nas concentrações de 0; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20 e 0,25 mmol/L havendo uma perfeita correspondência entre concentração e absorvância, seguindo a lei de Lambert-Beer (Skoog & Leary, 1992 e Raw & Colli, 1965), originando uma “curva padrão” (curva de calibração) resultante da equação de regressão $y = 3,9934x - 0,0005$, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,9997$ (Figura 4).

Após este procedimento cada amostra purificada dos extratos foi analisada e o valor da absorvância obtido no pico de 272 nm foi inserido na equação de regressão, com o objetivo de calcular a quantidade de BOA natural existente nas amostras. O resultado obtido foi correlacionado com a matéria fresca que forneceu a substância determinando-se assim a quantidade de BOA por grama de tecido fresco.

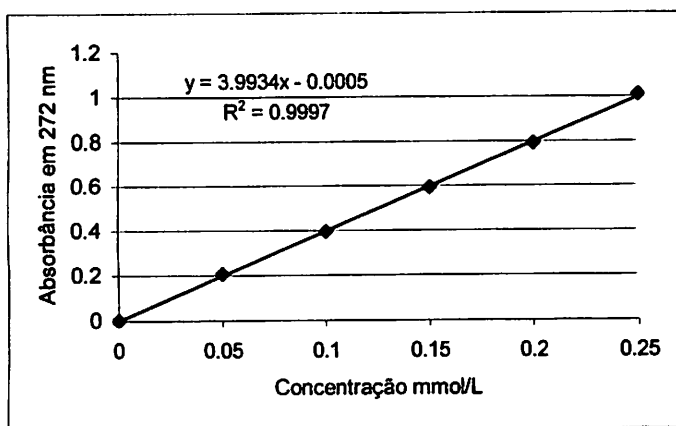


FIGURA – 4. Curva espectrométrica de calibração no ultravioleta utilizando BOA comercial nas concentrações de 0; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20 e 0,25 mmol/L. UFLA, Lavras – MG. 2003.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

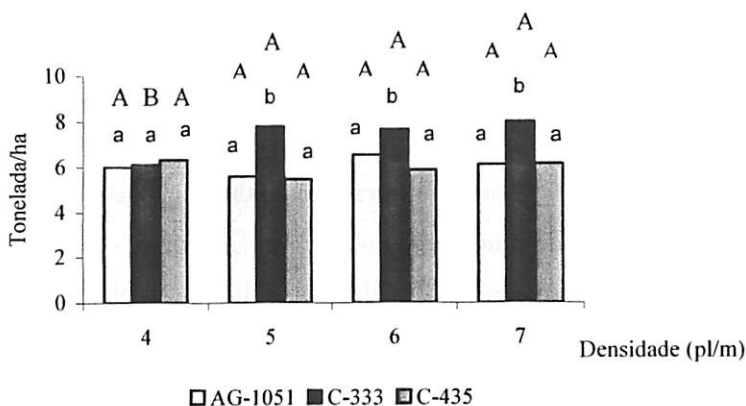
4.1 Experimento de campo

4.1.1 Produção de palha de milho

A matéria seca obtida a partir das cultivares de milho, em toneladas por hectare, mostrou efeito significativo ao nível de 5% pelo teste de F, para cultivar, densidade e para a interação cultivar versus densidade (Tabela 1B), com a produção variando de 5,5 ton./ha para a C-435 na densidade de 5 plantas/m a 8,0 ton/ha para a C-333 na densidade de 7 plantas/m. Observou-se que, na produção de matéria seca das cultivares em cada densidade, apenas na densidade de quatro plantas por metro linear não ocorreu diferença significativa, indicando que todas as cultivares apresentaram valores iguais, com média variando de 6,0 ton./ha para a AG-1051; 6,1 ton/ha para a C-333 e 6,3 ton/ha para a C-435. Nas demais densidades de plantio o efeito foi significativo com a cultivar C-333, com produção média de 7,8 ton/ha, superando a produção de matéria seca das demais, com média de 5,8 ton/ha para a C-435 e 6,1 ton/ha para a AG-1051 (Figura 5, Tabela 2B, 3B e 4B).

Na produção de matéria seca das cultivares (Tabela 4B), a C-333, com média geral de 7,4 ton/ha superou a média geral das demais (C-435 com 5,9 ton/ha e AG-1051 com 6,1 ton/ha) em 23,1%.

Na densidade de 5 plantas/m C-333 com produção de 7,8 ton/ha de matéria seca superou a média das demais (AG-1051 com 5,6 ton/ha e C-435 com 5,5 ton/ha) em 40,85%, enquanto na densidade de 6 plantas/m a C-333, com 7,7 ton/ha, superou a média das demais (AG-1051 com 6,54 ton/ha e C-435 com 5,9 ton/ha) em 23,5%. Na densidade de 7 plantas por metro linear a produção de matéria seca da C-333 com 8,0 ton/ha superou a média entre as demais (AG-1051 com 6,1 ton/ha e C-435 com 6,2 ton/ha) em 30,5%.



Grupos de médias com as mesmas letras (minúsculas, para cultivar em cada densidade e maiúsculas, para densidade em cada cultivar) nas colunas indicam tratamentos sem diferença significativa entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

FIGURA – 5. Matéria seca (kg/ha) produzida pelas cultivares de milho em função das cultivares e densidades de plantio. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Com relação ao desdobramento da densidade em cada cultivar houve efeito significativo apenas para a cultivar C-333, em que a quantidade de matéria seca produzida na densidade de quatro plantas por metro linear (6,1 ton/ha) ficou abaixo do produzido nas outras densidades (média geral de 7,8 ton/ha de matéria seca), que não diferiram entre si (Figura 5). As cultivares AG-1051 com média de 6,1 ton/ha e C-435 com média de 6,0 ton/ha não apresentaram diferenças significativas na produção de matéria seca em todas as densidades.

4.1.2 Mudanças de cafeeiro

A análise de variância dos dados coletados aos 10 dias após o plantio do cafeeiro, para altura, área foliar e diâmetro do caule, não apresentou efeito significativo evidenciando homogeneidade entre as mudas plantadas (Tabela 5B).

4.1.3 Desenvolvimento do cafeeiro

4.1.3 Desenvolvimento do cafeeiro

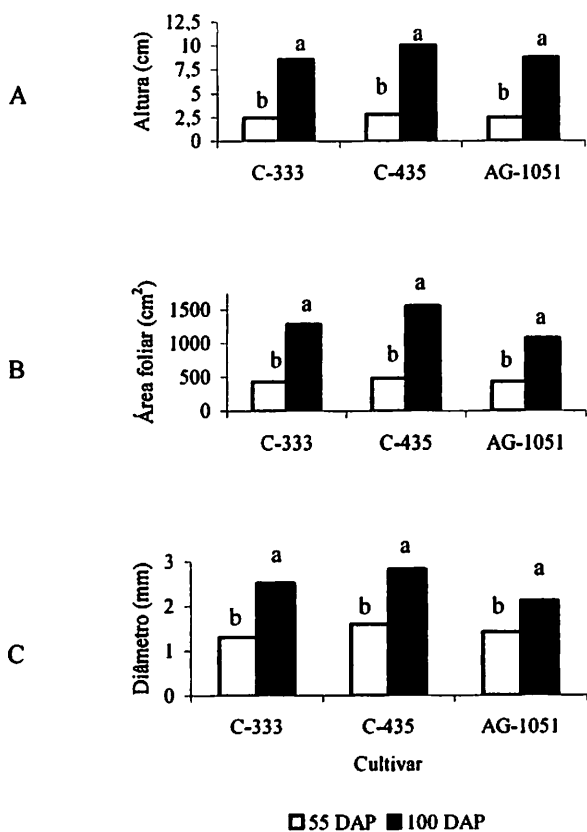
A análise conjunta, para incremento de área foliar, não evidenciou efeito significativo entre o fatorial e os tratamentos adicionais (testemunha com incremento de 877,2 cm² e milho silagem 900,6 cm²), enquanto no fatorial, para cultivar, densidade e interação cultivar versus tempo, o efeito foi significativo. Portanto, o incremento médio de área foliar pela planta do cafeeiro sofreu influência do tipo de cultivar de milho plantado (AG-1051 com 755,0 cm² causou menor incremento do que C-333 com 859,0 cm² e C-435 com 1020,1 cm²) (Tabela 3), de forma independente da densidade de plantio, que também afetou significativamente o incremento de área foliar.

O incremento de área foliar das plantas do cafeeiro foi dependente do tempo (Figura 6), para os tratamentos com todos as cultivares, ou seja, maior acréscimo na avaliação aos 100 DAP com média de 1307,9 cm², do que aos 55 DAP com média de 448,2 cm², evidenciando que os efeitos dos tratamentos foram se expressando com maior evidência ao passar do tempo,

TABELA 3. Altura, área foliar e diâmetro acumulado de plantas de cafeeiro cv. Rubi, em função do tempo dentro de cada cultivar, pelo método de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. UFLA, Lavras – MG. 2003.

	Tempo	Cultivar		
		C-333	C-435	AG-1051
Altura (cm)	55	2,4817 b	2,8508 b	2,5367 b
	100	8,5867 a	10,0692 a	8,7858 a
	Média	5,5342	6,4600	5,6613
Área Foliar (cm ²)	55	430,7417 b	482,3508 b	431,4675 b
	100	1287,2730 a	1557,9330 a	1078,562 a
	Média	859,0	1020,1	755,0
Diâmetro (mm)	55	1,3067 b	1,5942 b	1,4175 b
	100	2,5258 a	2,8392 a	2,1275 a
	Média	1,9163	2,2167	1,7725

Grupos de médias nas colunas com as mesmas letras indicam tratamentos sem diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



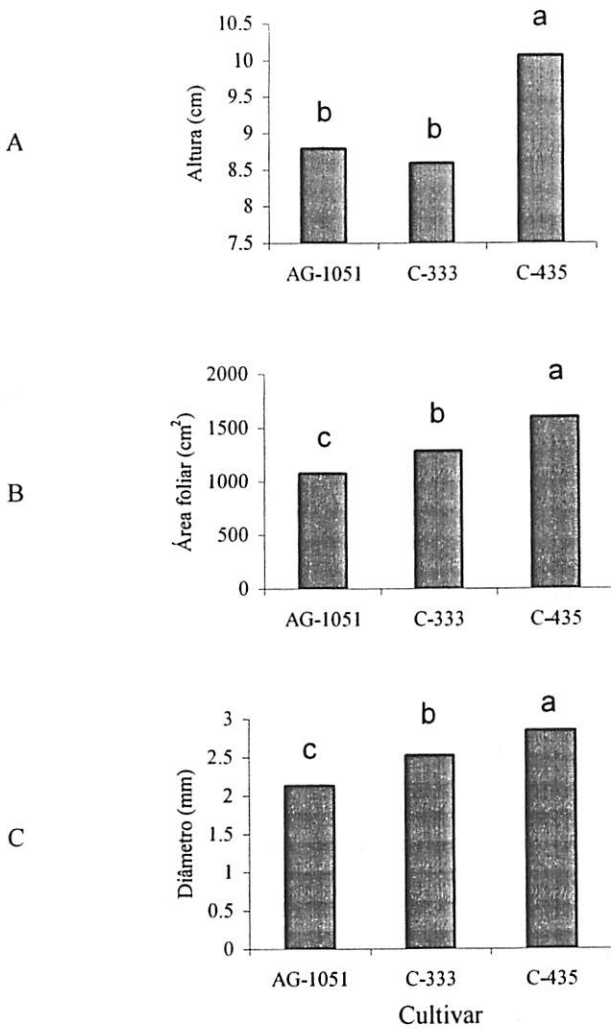
Grupo de colunas, para cada parâmetro, com as mesmas letras são significativamente iguais entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

FIGURA – 6. Incremento de altura (A), área foliar (B) e diâmetro (C) de plantas de cafeeiro cv. Rubi, em função do tempo de plantio sobre matéria seca de cultivares de milho. UFLA, Lavras - MG. 2003.

corroborando com o que foi observado por Al-Mezori et al. (1999), em tratamentos de milho sobre milho e por Guenzi & McCalla (1966), em tratamentos de milho sobre cultura de trigo, em que os efeitos deletérios foram verificados e persistiram no intervalo de 6 a 22 semanas. Em trabalho

realizado em casa de vegetação, Santos (2002) observou redução no incremento de área foliar das plantas do cafeeiro cv. Rubi, causado pelas mesmas cultivares utilizadas neste experimento, e interação tempo versus cultivar, com maior efeito prejudicial aos 60 DAP, enquanto aos 120 DAP e 180 DAP não se verificou efeito dos tratamentos.

Os cafeeiros, plantados sobre matéria seca de cultivares de milho AG-1051 e C-333, aos 100 DAP (Figura 7), apresentaram efeito detrimental, para incremento de altura, área foliar e diâmetro, enquanto que a cultivar C-435 estimulou o crescimento, com incrementos médios de 17,2%, 48,2% e 33,3% para altura, área foliar e diâmetro, respectivamente, em relação aos demais. Ainda, aos 100 DAP a cultivar C-435 causou aumento de área foliar de 20,1%, em relação à testemunha sem plantio de milho, enquanto que os tratamentos com milho para silagem e C-333 não diferiram da testemunha. Da mesma forma Blum et al. (2002) verificaram que resíduos de raiz de trigo estimularam a emergência de corda-de-viola (*Ipomoea* spp.) e guanxuma (*Sida spinosa* L.) e reduziram a emergência de caruru (*Amaranthus* sp.) e resíduos da parte aérea do trigo não afetaram a emergência das plantas daninhas. Por sua vez, Barnes & Putnam (1987) afirmam que as espécies dicotiledôneas, como o cafeeiro, são aproximadamente 30% mais sensíveis a BOA e DIBOA (encontrados no centeio) do que espécies monocotiledôneas e, em experimentos utilizando mentruz (*Lipidium sativum*) e capim-arroz (*Echinochloa crusgalli* L. Beauv.) como plantas indicadoras, estas mostraram um alto grau de sensibilidade à toxicidade de AZOB para crescimento da radícula. Aparentemente, AZOB foi mais tóxico do que BOA e DIBOA e, conseqüentemente, contribuiu para a maior toxicidade dos resíduos de centeio no solo, podendo-se inferir que, mesmo em pequenas quantidades no solo, BOA, ao ser metabolizado a AZOB, apresenta seu potencial de fitotoxicidade ampliado. Microorganismos do solo, segundo Beres & Kazinczi (2000),



Grupo de colunas, para cada parâmetro, com as mesmas letras são significativamente iguais entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

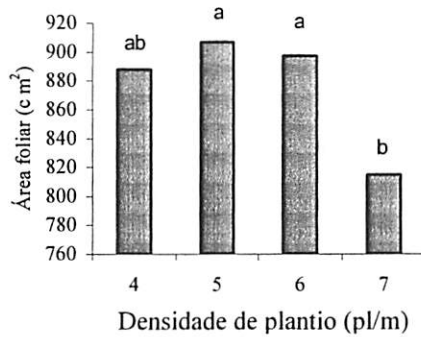
FIGURA – 7. Acréscimo de altura (A), área foliar (B) e diâmetro (C) acumulado de plantas de cafeeiro cv. Rubi, aos 100 dias após o plantio sobre palhada de cultivares de milho. UFLA, Lavras – MG. 2003.

metabolizam rapidamente toxinas em matéria fresca da parte aérea de *Asclepias syriac*, reduzindo seu impacto no ambiente. Informação de Fancelli & Dourado

Neto (1996) e Almeida (1988), contudo, indicam que resíduos secos de materiais maduros, como restos de colheita de milho, originam fitotoxicidade duradoura o que corrobora com este trabalho.

A densidade de plantio das cultivares de milho afetou significativamente a área foliar acumulada de plantas do cafeeiro, sendo que o tratamento com 7 plantas/m e incremento de 815,0 cm² causou maior efeito detrimental do que as demais, cujas médias de incremento de área foliar foram de 907,0 cm² na densidade de 5 plantas/m, 897,0 cm² na densidade de 6 plantas/m e 888,0 cm² na densidade de 4 plantas/m (Figura 8). Resultados semelhantes foram observados por Azania et al. (2003), em que aleloquímicos disponibilizados por exsudação, através de raízes ou por decomposição de plantas de vários cultivares de girassol, com variadas densidades de plantio, afetaram culturas sucedâneas, com efeito significativo da cultivar e da densidade.

Analisando as produções médias de matéria seca da cultivar de milho C-333 nas densidades de plantio de 5, 6 e 7 plantas/m foram, respectivamente, 7,8; 7,7 e 8,0 ton/ha, estatisticamente iguais, superando a produção na densidade de 4 plantas/m com 6,1 ton/ha (Tabela 4B) e as cultivares AG-1051 e C-435 não apresentaram diferenças significativas para as várias densidades. Assim verifica-se que o efeito detrimental do tratamento (densidade de plantio), sobre o cafeeiro, nem sempre está correlacionado à quantidade de matéria seca produzida, pois com a mesma quantidade produzida o tratamento com 7 plantas/m causou maior dano ao desenvolvimento das plantas do cafeeiro, podendo-se inferir que a maior densidade de plantas tenha sido responsável por maior produção de aleloquímicos, inclusive ácidos hidroxâmicos (BOA e DIBOA).



Grupo de colunas com as mesmas letras são significativamente iguais entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

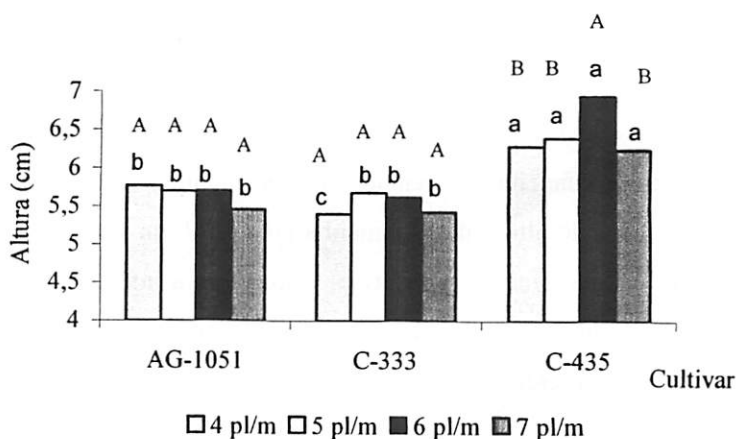
FIGURA – 8. Área foliar acumulada de plantas de cafeeiro cv. Rubi, em função da densidade de plantio da cultura do milho. UFLA, Lavras – MG. 2003.

A análise de variância conjunta (Tabela 6B), para incremento de altura das plantas do cafeeiro, demonstrou efeito significativo, dentro do fatorial (AG-1051 com 5,66 cm e C-333 com 5,53 cm iguais entre si e diferentes de C-435 com 6,46 cm) e do fatorial versus tratamentos adicionais indicando que pelo menos um tratamento diferenciou-se dos tratamentos adicionais, ou seja, incremento médio de altura da testemunha com 5,77 cm e milho para silagem com 6,50 cm. Houve efeito significativo, ainda, para a interação cultivar versus densidade, sendo indicativo que as cultivares de milho causaram incremento de altura do cafeeiro, diferenciada nas várias densidades testadas.

O efeito de cultivar dentro de cada densidade foi significativo, com a cultivar C-435 causando incremento médio de altura das plantas do cafeeiro de 6,5 cm, estatisticamente igual ao incremento causado pela cultivar destinado para silagem (AG-1051 com 6,2 cm) e superior à testemunha (5,77 cm) e as outras cultivares (AG-1051 com 5,6 cm e C-333 com 5,5 cm), que não diferiram entre si, em todas as densidades (Figura 9). A cultivar



C-435 na densidade de 6 plantas/m apresentou o maior incremento de altura do cafeeiro (6,94 cm), com média de 21,8% superior as demais, que não diferiram entre si, indicando efeito de estímulo no crescimento, em conformidade com o trabalho de Santos (2002), em que a cultivar C-435, com sua matéria seca incorporada ao solo na quantidade de duas toneladas por hectare, estimulou o incremento de biomassa seca de raízes de plantas de cafeeiro cultivar Rubi. Para quantidades de quatro e oito toneladas por hectare o estímulo ocorreu com a matéria seca em cobertura do solo. As cultivares AG-1051 e C-333 não diferiram entre si, em todas as densidades plantadas, com exceção da cultivar C-333, na densidade de 4 plantas/m (média de 5,4 cm), que causou o menor incremento de altura para as plantas do cafeeiro, com efeito detrimental para o cafeeiro, semelhante ao que observou Souza et al. (2000), em que capim braquiária (*Brachiaria decumbens*) provocou redução de crescimento em



Grupos de médias com as mesmas letras (minúsculas para cultivar em cada densidade e maiúsculas, para densidade em cada cultivar) nas colunas indicam tratamentos sem diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

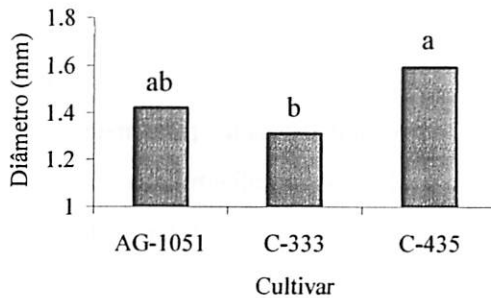
FIGURA – 9. Altura acumulada de plantas de cafeeiro cv. Rubi, em função da cultivar de milho e densidade de plantio. UFLA, Lavras – MG. 2003.

cultivares de cafeeiro Mundo Novo e Icatu, enquanto a cultivar Obatã não foi afetada, podendo-se traçar um paralelo ao que foi observado para cultivar Rubi, que teve seu crescimento estimulado pela cultivar de milho C-435, no presente experimento. Efeito detrimental causado por matéria seca das cultivares AG-1051 e C-333 sobre plantas de cafeeiro, também observado por Santos (2002), com redução no crescimento, na área foliar e diâmetro do caule.

O incremento de altura pela planta do cafeeiro foi dependente do tempo, para todas as cultivares, ou seja, maior alteração na avaliação aos 100 DAP com acréscimo médio de 9,15 cm, do que aos 55 DAP com acréscimo médio de 2,62 cm. Os tratamentos com milho para silagem e a testemunha sem milho propiciaram incremento médio de altura das plantas do cafeeiro de 9,29 cm e 9,15 cm aos 100 DAP, respectivamente, similares entre si.

Houve diferença significativa em relação aos efeitos causados pelas cultivares na época de avaliação de 55 DAP (Figura 10, Tabela 6B e 15B), para o parâmetro incremento de diâmetro, em que o tratamento com a cultivar C-435 (1,59 mm) apresentou valor acumulado 6,7% superior à testemunha (1,49 mm) e 21,4% superior à C-333 (1,31 mm) e ao milho para silagem (1,29 mm), porém a C-435 não diferiu da cultivar AG-1051 (1,42 mm). Os tratamentos com matéria seca da cultivar C-333 provocaram menor incremento, porém, foram similares a AG-1051.

A produção de matéria seca (Figura 5) da cultivar C-333 (7,40 ton/ha) foi superior em 22 % à produção da AG-1051 (6,06 ton/ha). No trabalho de caracterização e quantificação de BOA, no entanto, a cultivar AG-1051 apresentou 29 µg de BOA/g de matéria fresca, 20,8 % superior ao produzido pela C-333 (24 µg de BOA/g de matéria fresca). Portanto, pode-se inferir que, por estas razões, a produção final de BOA por hectare e o efeito por ele causado, para as duas cultivares, foi similar.



Grupos de médias com as mesmas letras nas colunas indicam tratamentos sem diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

FIGURA – 10. Diâmetro do caule acumulado de plantas de cafeeiro cv. Rubi, em função do tempo 55 DAP. UFLA, Lavras – MG. 2003.

4.2 Bioensaio

4.2.1 Bioensaio com BOA

4.2.1.1 Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação

As soluções etílicas de BOA comercial, nas diversas concentrações testadas, não afetaram significativamente, a porcentagem de germinação (% G.), que apresentou média de 92% e o índice de velocidade de germinação (IVG), com média de 22,5 para sementes de alface (Tabela 1 C e 2 C), similar ao que observaram Barnes et al. (1987), utilizando DIMBOA, BOA e extratos de plântulas de centeio. Os autores, no entanto, observaram redução no crescimento da radícula e do hipocótilo.

4.2.1.2 Desenvolvimento de radícula e hipocótilo

O desenvolvimento de radícula e hipocótilo da alface submetida a tratamento com BOA apresentou diferença significativa pelo teste de F, mostrando que pelo menos um tratamento diferiu dos demais, ao nível de 1 % de significância (Tabela 3 C e 5 C). O contraste (Tabela 4C) entre o tratamento com nível zero de BOA (água destilada pura com 28,7 mm de comprimento de radícula e 28,9 mm de hipocótilo) e o tratamento com nível zero de BOA (éter etílico volatilizado com 29,3 mm de comprimento de radícula e 28,0 mm de hipocótilo), pelo teste de Scheffé (Banzato & Kronka, 1989), não apresentou efeito significativo mostrando que o éter etílico utilizado para solubilizar BOA, não interferiu nos resultados do experimento.

O desenvolvimento da radícula e do hipocótilo das plântulas de alface foi diminuindo à medida em que a dose de BOA foi incrementada (Figura 11). O melhor ajuste do resultado foi à equação linear para radícula e hipocótilo, corroborando com trabalho de Santos et al. (2001), em que se verificou redução no crescimento da radícula e hipocótilo de alface causada por extrato de AG-1051 e o prejuízo aumentou com o incremento da concentração.

4.2.2 Bioensaio com extratos de milho

4.2.2.1 Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação

Os extratos aquosos das cultivares de milho não afetaram significativamente a porcentagem de germinação (% G.), com média de 95% e o índice de velocidade de germinação (IVG), com média de 22,83, para as sementes de alface, pelo teste de F (Tabela 1 D), similar ao que observaram Santos et al. (2001) e Al-Mezori et al. (1999), com extratos de plântulas de milho. Os autores citados, no entanto, observaram redução no crescimento da radícula e do hipocótilo.

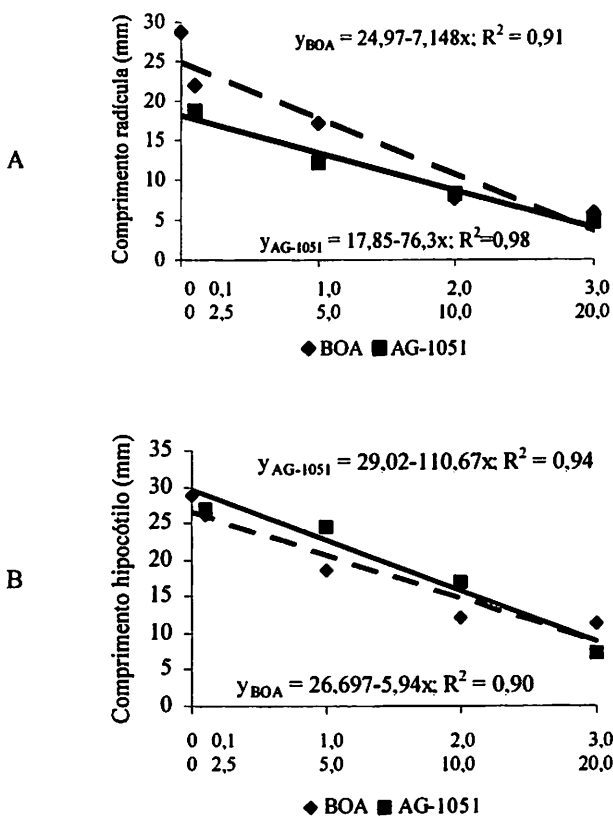
4.2.2.2 Desenvolvimento de radícula e hipocótilo

Verificou-se que houve efeito significativo das cultivares, das concentrações, da interação entre cultivar e concentração e do fatorial versus o tratamento adicional (Tabela 2 D), sobre o crescimento de radícula e hipocótilo de alface, demonstrando que estes tratamentos afetaram de forma diferenciada o desenvolvimento da radícula e do hipocótilo das plântulas de alface e que um fator é dependente do outro.

A análise de regressão da interação de concentração dentro de cultivar apresentou efeito significativo para AG-1051, C-333 e C-435 (Tabelas 3 D e 7 D), indicando que a variação na concentração dos extratos, das cultivares, altera seus efeitos sobre desenvolvimento de radícula e hipocótilo de plântulas de alface.

As concentrações dos extratos, das cultivares AG-1051, C-333 e C-435 (Tabela 4 D, 5 D e 6 D, respectivamente), demonstraram efeito significativo ao desenvolvimento de radícula e hipocótilo. À medida em que a concentração aumentou, o comprimento reduziu, seguindo um modelo linear de regressão, semelhante ao bioensaio de BOA comercial. Embora todas as cultivares tenham afetado negativamente o desenvolvimento de radícula e hipocótilo das plântulas de alface, AG-1051 foi a que apresentou efeito inibitório de radícula mais próximo ao tratamento com BOA, conforme se observa nas Figuras 11, 12 e 13.

O tratamento na maior concentração (20% peso/volume) do extrato da parte aérea de milho, cultivar AG-1051, corresponde a uma dose de 193 µg (0,21 mmol/L) de BOA por Gerbox, ao passo que o experimento com BOA comercial, a maior dosagem utilizada foi 2837 µg (3,0 mmol/L). Embora com dosagens diferentes, porém efeitos semelhantes, nos tratamentos com BOA comercial, não existem possibilidades de interação com outros aleloquímicos, enquanto o tratamento com o extrato apresenta, em sua composição, um complexo de substâncias que podem atuar isoladamente ou em conjunto, sobre

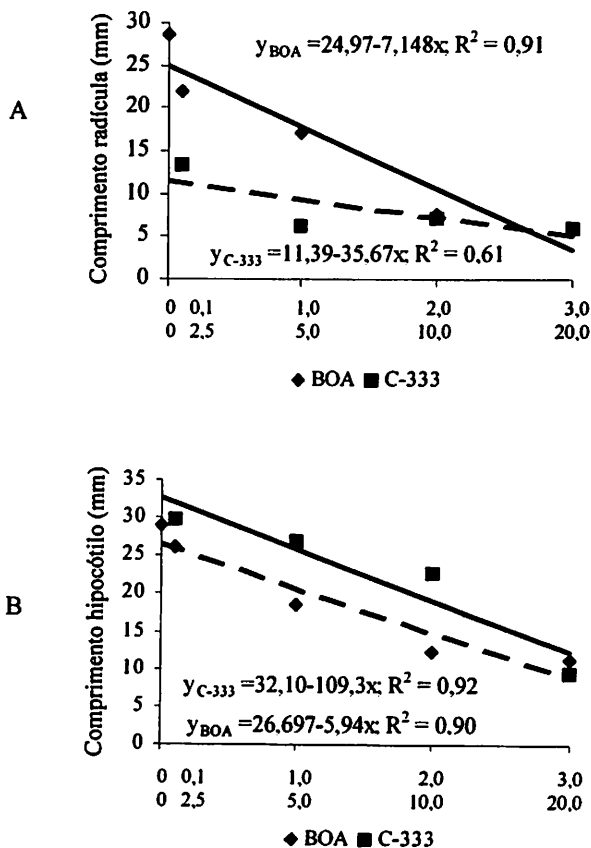


A escala superior, no eixo da abscissa, corresponde à concentração (mmol) de BOA, enquanto a escala na posição inferior do mesmo eixo corresponde à porcentagem de concentração dos extratos do milho.

FIGURA – 11. Comprimento de radícula (A) e hipocótilo (B) de plântulas de alface em função de doses de BOA e concentração de extrato da cultivar AG-1051. UFLA, Lavras – MG, 2003.

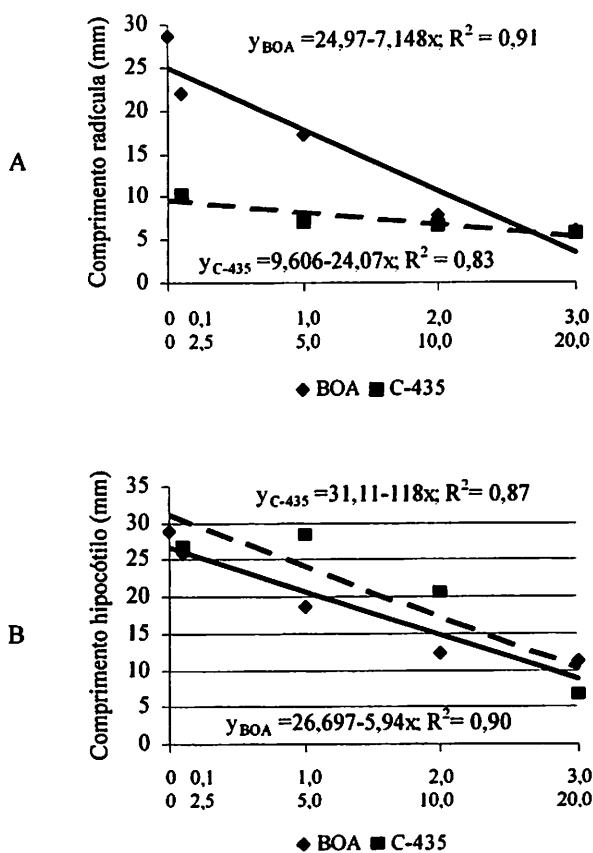
as plântulas de alface causando estímulo ou inibição do crescimento. Daí a possibilidade de efeitos semelhantes, com doses potencialmente diferentes e vice-versa.

Nos experimentos com BOA e extratos, em laboratório, não foram observados efeitos estimulatórios ao desenvolvimento das plântulas de alface,



A escala superior, no eixo da abscissa, corresponde à concentração (mmol) de BOA, enquanto a escala na posição inferior do mesmo eixo corresponde à percentagem de concentração dos extratos do milho.

FIGURA – 12. Comprimento de radícula (A) e hipocótilo (B) de plântulas de alface em função de doses de BOA e concentração de extrato da cultivar C-333. UFLA, Lavras – MG, 2003.



A escala superior, no eixo da abscissa, corresponde à concentração (mmol) de BOA, enquanto a escala na posição inferior do mesmo eixo corresponde à percentagem de concentração dos extratos do milho.

FIGURA – 13. Comprimento de radícula (A) e hipocótilo (B) de plântulas de alface em função de doses de BOA e concentração de extrato da cultivar C-435. UFLA, Lavras – MG, 2003.

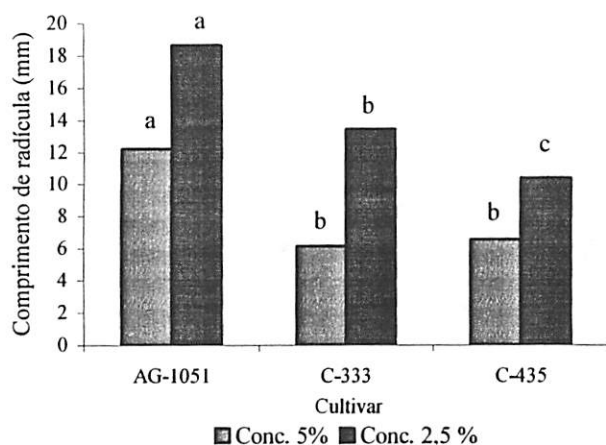
mesmo na menor dosagem utilizada (0,1 mmol/L de BOA), ao contrário do que observaram Azania et al. (2003), em que plantas de girassol, a concentrações abaixo de 10% peso/volume, estimularam o desenvolvimento de mostarda selvagem (*Sinapis arvensis*) e Barnes et al. (1987), em que DIBOA estimulou o

desenvolvimento de raiz e parte aérea de mentruz, na concentração de 0,09 mM. A substância DIBOA provoca resposta diferenciada entre planta teste (mentruz e alface) e, conforme afirmam Riffle et al. (1990), os compostos estudados em laboratório nem sempre são os mesmos que atuam em nível de campo, pois no solo podem interagir entre si ou com outros compostos ou serem metabolizados por microorganismos. Finalmente, Barnes & Putnam (1987) e Tipton & Buell (1970) verificaram que o estímulo causado por baixas concentrações de ácidos hidroxâmicos, advém de sua propriedade de agir como quelatizante e transportador do íon férrico. Contudo em bioensaio cujo tratamento é BOA em água destilada, não há o íon férrico para formar complexo, que poderia ser controverso, para o caso de extratos de plântulas de milho.

O desdobramento da interação, cultivar dentro de cada concentração, em que se analisou o desenvolvimento de radícula, apresentou efeito significativo apenas nas concentrações mais baixas, ou seja 5 e 2,5% (peso/volume). Na concentração de 5% os extratos das cultivares C-333 e C-435 demonstraram maior efeito negativo sobre plântulas de alface, não apresentando diferença significativa entre si (Figura 14).

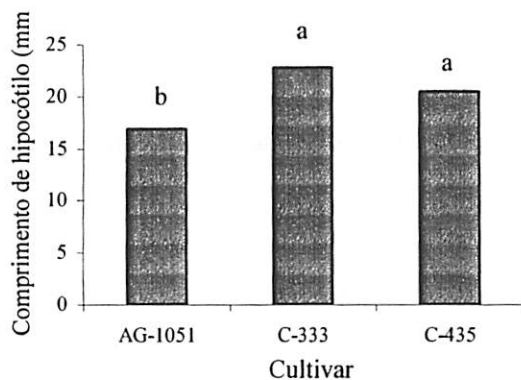
O desenvolvimento do hipocótilo (Figura 15) apresentou efeito significativo apenas para a concentração 10% e com a cultivar AG-1051 que causou maior prejuízo ao desenvolvimento.

O efeito prejudicial do BOA comercial e dos extratos das cultivares de milho é mais evidente sobre radícula do que sobre hipocótilo (Figura 16) como também verificaram Barnes & Putnam (1987) em seu experimento, avaliando comprimento de raiz de mentruz e capim arroz, tratadas com ácidos hidroxâmicos.



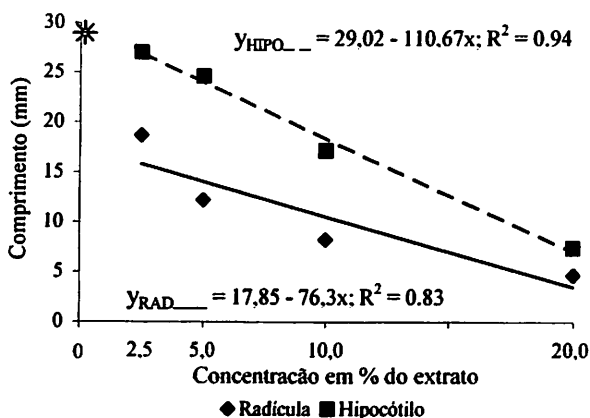
Grupos de colunas com as mesmas letras, em cada concentração, indicam tratamentos sem diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

FIGURA – 14. Comprimento de radícula de plântulas de alfaca aos sete dias da sementeira, em função do tratamento das cultivares nas concentrações de 5 e 2,5%. UFLA, Lavras – MG, 2003.



Grupo de colunas com as mesmas letras indicam tratamentos sem diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

FIGURA – 15. Comprimento de hipocótilo de plântulas de alfaca aos sete dias da sementeira, em função do tratamento das cultivares na concentração de 10%. UFLA, Lavras – MG, 2003.



* Posição no gráfico dos valores alcançados pela testemunha, para comprimento da radícula e hipocótilo de plântulas de alface.

FIGURA – 16 Comprimento de radícula e hipocótilo de plântulas de alface em função das concentrações dos extratos da cultivar de milho AG-1051. UFLA, Lavras – MG, 2003.

4.3 Caracterização da substância dos extratos

4.3.1 Solubilidade do BOA

A solubilidade do BOA foi caracterizada como ótima em éter etílico e média em água (Tabela 2). Por esta razão o éter etílico foi utilizado como solvente para o BOA padrão e para os compostos extraídos das cultivares de milho. Para extração dos compostos, apesar da água solubilizar BOA de forma mediana, como extrator ela mostrou-se eficaz, em conformidade com trabalhos de Barnes et al. (1987).

TABELA 2. Solubilidade da substância BOA em diversos solventes. UFLA, Lavras – MG. 2003.

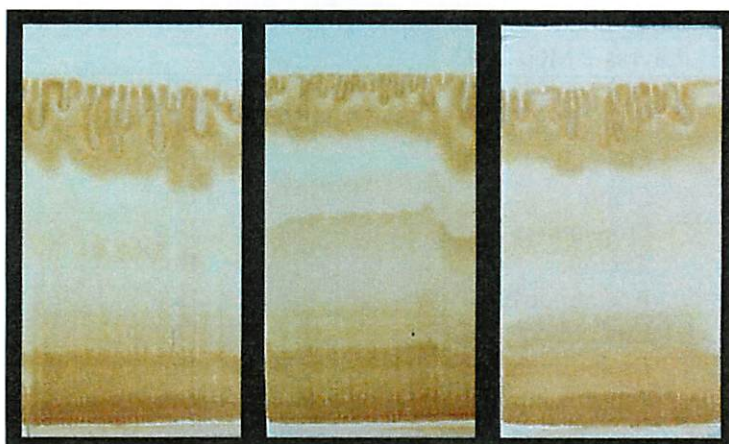
SOLVENTE	SOLUBILIDADE
Água	Média ²
Metanol	Boa ³
Etanol	Boa ³
Propanol	Boa ³
Acetona	Boa ³
Acetato de etila	Boa ³
Éter etílico	Ótima ⁴
Diclorometano	Boa ³
Clorofórmio	Boa ³
Pentano	Baixa ¹
Hexano	Baixa ¹
Ciclohexano	Baixa ¹
Benzeno	Boa ³

¹ não solúvel; ² solúvel após agitação por 30 segundos; ³ solúvel após agitação por 15 segundos; ⁴ solúvel imediatamente.

4.3.1 Cromatografia de camada delgada

Os extratos que apresentaram melhores separações e manchas em maiores detalhes foram os extratos aquosos, particionados em éter etílico, a exemplo do que encontraram Barnes et al. (1987). Portanto, a separação cromatográfica foi efetuada com este extrato.

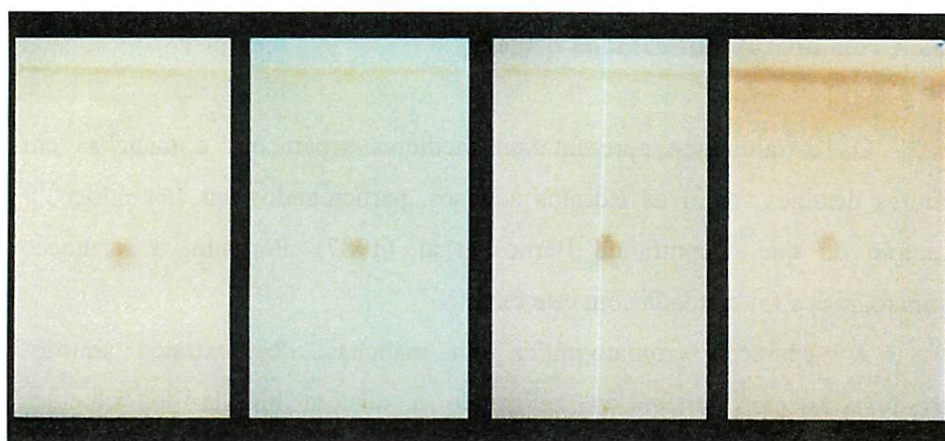
A separação cromatográfica em manchas, dos extratos aquosos particionados em éter etílico, utilizando a mistura binária dos eluentes clorofórmio/metanol nas proporções 9:1 e 1:1, apresentaram R_f de 0,62 e 0,68, respectivamente e a mistura binária clorofórmio/acetato de etila, na proporção de 9:1 e 1:1, apresentaram R_f de 0,47 e 0,78, respectivamente, semelhante aos valores de R_f encontrados para BOA. As cromatoplasmas de BOA comercial e dos compostos extraídos das amostras das cultivares de milho, eluídas em mistura binária de clorofórmio/acetato de etila na proporção de 9:1, com R_f de 0,47 após revelação em vapores de iodo são apresentadas na Figura 17.



C-435 (A)

C-333 (A)

AG-1051 (A)



BOA (B)

C-435 (B)

C-333 (B)

AG-1051 (B)

FIGURA – 17. Cromatografia de camada delgada de BOA comercial, e dos compostos extraídos das cultivares de milho C-435, C-333 e AG-1051 (A - fase inicial e B - fase final da separação), após revelação em atmosfera de iodo. UFLA, Lavras – MG. 2003.

4.3.2 Espectrofotometria no Infravermelho

Analisando o espectro no infravermelho da substância padrão BOA (Figura 18), observou-se um sinal largo, compreendido entre 3502-3440 cm^{-1} , característico dos estiramentos simétricos e assimétricos da ligação N-H de lactamas de cinco membros. Sinais característicos de deformação angular de NHR são observados na região do espectro compreendido entre 800-700 cm^{-1} .

Na região espectral 3250-3200 cm^{-1} observou-se uma banda forte, à qual foram atribuídos estiramentos simétricos e assimétricos da ligação C-H de anel aromático. Esta foi confirmada pelos sinais de deformações angulares fora do plano, presentes em 1479 cm^{-1} . Em 741 cm^{-1} notou-se um sinal que foi atribuído a substituições 1,2 do anel aromático. Estes dados estão condizentes com aqueles encontrados por Nair et al (1990), para seu precursor MBOA.

Centrado em 1735 cm^{-1} observou-se uma banda de absorção larga, característica de estiramentos simétricos e assimétricos do grupamento carbonila ($>\text{C}=\text{O}$), de uma lactona e uma lactama de anéis de cinco membros, presentes na molécula (Silverstein & Webster, 2000 e Pavia et al., 1996). Bandas de absorção, similares a estas, foram encontradas por El-Nagdy et al. (1989), em análise de compostos do grupo dos ácidos hidroxâmicos 2-substituídos de 4H-3,1-benzoxazin-4-ona, que indicou núcleos de nitrogênio (lactamas) e carbono (lactonas).

Os espectros das cultivares de milho são mostrados nas Figuras 19; 20 e 21. Tais espectros são bastante similares entre si, apresentando sinais de absorção dos grupos (presentes) encontrados no BOA (Tabela 4).

Baseado nestes dados e nos espectros, pode-se inferir que a substância BOA está presente em todas as cultivares de milho analisadas.

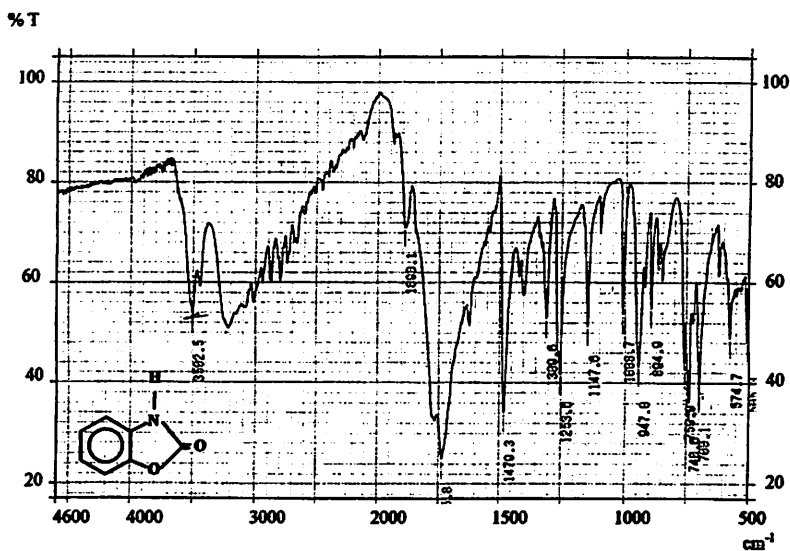


FIGURA - 18. Espectro no infravermelho do BOA comercial. UFLA, Lavras - MG. 2003.

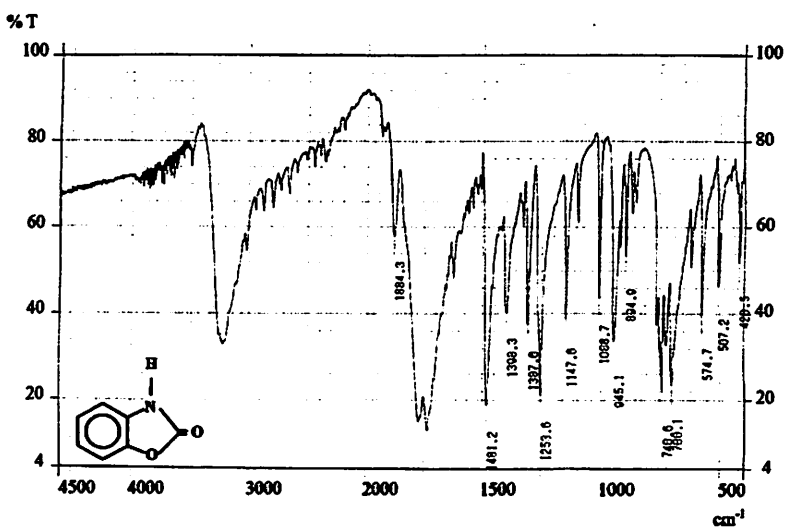


FIGURA - 19. Espectro no infravermelho do composto extraído da cultivar de milho C-333. UFLA, Lavras - MG. 2003.

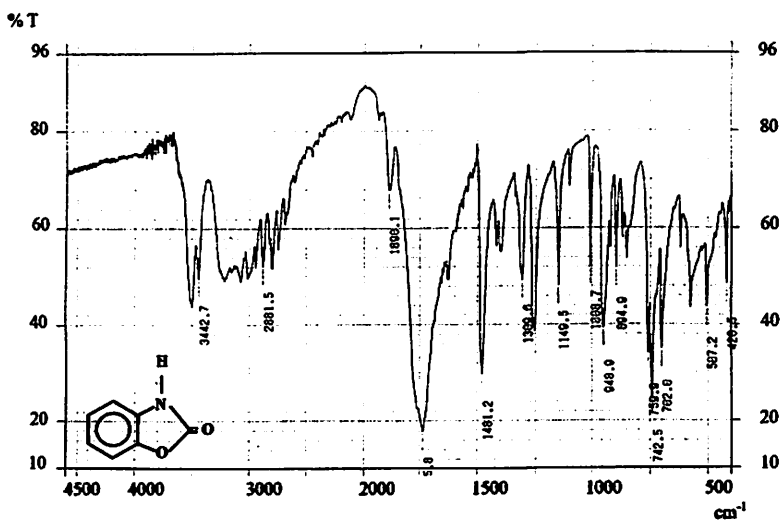


FIGURA – 20. Espectro no infravermelho do composto extraído da cultivar de milho C-435. UFLA, Lavras – MG. 2003.

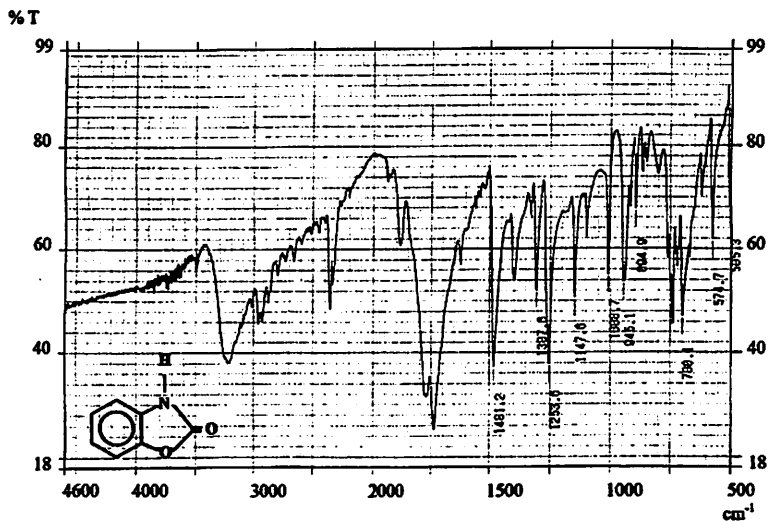


FIGURA – 21. Espectro no infravermelho do composto extraído da cultivar de milho AG-1051. UFLA, Lavras – MG. 2003.

TABELA – 4. Valores das principais freqüências de absorção no infravermelho, do BOA e dos compostos das cultivares de milho (AG-1051, C-333 e C-435). UFLA, Lavras – MG. 2003.

BOA e Extratos*	ν N-H (s e as) ($\text{cm}^{-1} \pm 5$)	ν C-H (s e as) ($\text{cm}^{-1} \pm 5$)	ν -C=O (s e as) ($\text{cm}^{-1} \pm 5$)	δ C-H \angle ($\text{cm}^{-1} \pm 5$)	δ NHR ($\text{cm}^{-1} \pm 5$)	Aromático ($\text{cm}^{-1} \pm 5$)
BOA	3502-3440	3250-3200	1735	1479	800-700	741
AG-1051	3500	3250-3200	1735	1481	800-700	741
C-333	3500	3250-3200	1735	1481	800-700	741
C-435	3440-3500	3250-3200	1735	1481	800-700	742

ν – Estiramento; δ – Deformação angular

s – Simétrico; as – Assimétrico.

*Substâncias oriundas do extrato aquoso particionado em éter etílico.

4.3.3 Espectrofotometria no Ultravioleta

Os resultados apresentados pela espectrofotometria no ultravioleta das amostras foram semelhantes aos apresentados pela substância padrão (Figuras 22, 23, 24 e 25), no pico de absorbância de 272 nm, similar aos trabalhos de Woodward et al. (1978a) e Hietala & Virtanen (1960), em que foi determinado valor de pico de absorbância em 273 nm, para o DIMBOA e 270 nm para BOA, ambos solubilizados em etanol. Esta determinação também corrobora com as demais metodologias utilizadas neste trabalho, suportando a inferência de que a substância analisada naquelas amostras era BOA.

Os resultados de absorbância apresentados pelas análises das substâncias extraídas das amostras das cultivares de milho (AG-1051 com 0,4794, C-333 com 0,4335 e C-435 com 0,4819) foram inseridos na equação de regressão da “curva padrão”, e os valores encontrados foram correlacionados com a quantidade de matéria fresca que originou aquela amostra gerando, assim, a relação entre peso de matéria fresca/peso de BOA (Tabela 5), a exemplo do que fizeram Woodward et al. (1978b), para determinar valores de concentração para serem utilizados em tratamentos de bioensaio avaliando desenvolvimento

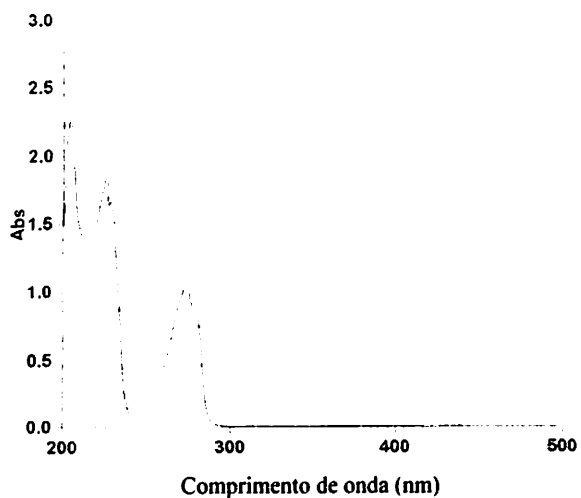


FIGURA – 22. Espectro no ultravioleta do BOA padrão. UFLA, Lavras – MG. 2003.

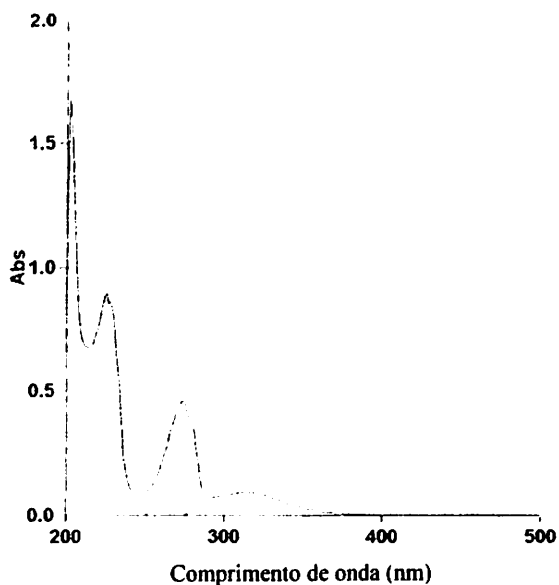


FIGURA – 23. Espectro no ultravioleta do composto extraído da cultivar de milho AG-1051. UFLA, Lavras – MG. 2003.

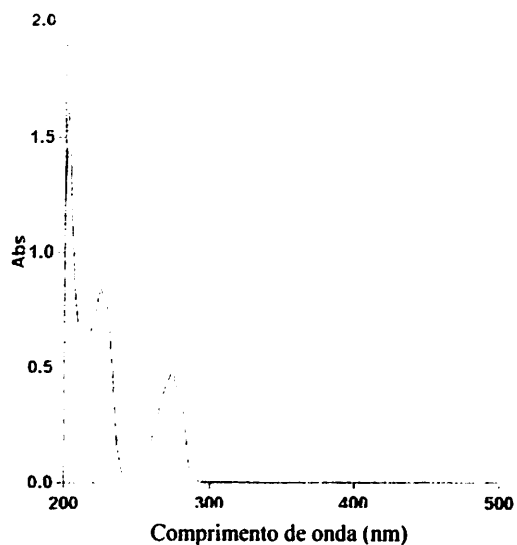


FIGURA – 24. Espectro no infravermelho do produto extraído da cultivar de milho C-435. UFLA, Lavras – MG. 2003.

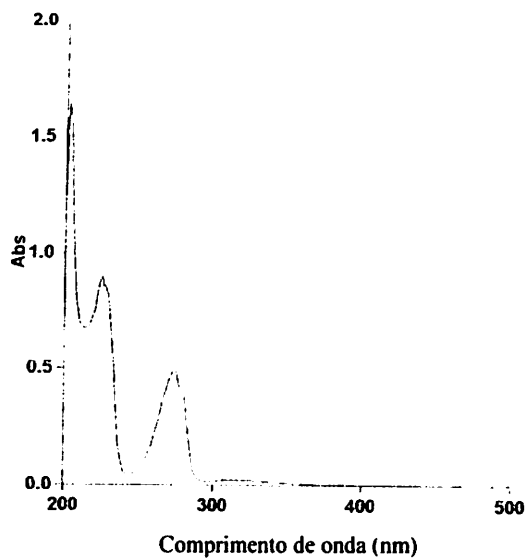


FIGURA – 25. Espectro no infravermelho do produto extraído da cultivar de milho C-333. UFLA, Lavras – MG. 2003.

da colônia de *Erwinia sp.* Foi determinado, pois, que os cultivar de milho possuem em seu metabolismo a 2-benzoxazolinona, na seguinte ordem decrescente de concentração: AG-1051 29 μ g/g, C-333 24 μ g/g e C-435 21 μ g/g de BOA.

TABELA – 5. Valores de absorvância no ultravioleta, dos compostos das cultivares de milho (AG-1051, C-333 e C-435) e determinação de concentração de BOA por grama de matéria fresca. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Cultivar	Absorbância	Molaridade (mmol/L)	Matéria fresca (g)	Concentração (μ g/g)
AG-1051	0,4794	0,12012	1380	29
C-333	0,4335	0,10862	1500	24
C-435	0,4819	0,12075	1950	21

5 CONCLUSÕES

O milho cultivar AG-1051, para silagem, propicia maior incremento de altura das plantas de cafeeiro, não afetando área foliar e diâmetro.

O incremento da altura, da área foliar e do diâmetro do caule das plantas do cafeeiro é afetado em função da época de avaliação sendo que aos 100 dias após o plantio (100 DAP), o efeito apresentado foi maior do que aos 55 DAP. Na avaliação aos 55 DAP apenas o diâmetro do caule das plantas do cafeeiro foi afetado negativamente pela cultivar C-333.

As cultivares C-333 e AG-1051 causam menor crescimento das plantas de cafeeiro, em todas as densidades plantadas. A C-435 propicia maior incremento de altura, área foliar e diâmetro das plantas do cafeeiro, em relação às demais cultivares, especialmente na densidade de 6 plantas por metro linear.

A densidade de 7 plantas por metro linear causa maior prejuízo ao desenvolvimento do cafeeiro que as demais densidades.

A percentagem de germinação e o índice de germinação das sementes de alface não são afetadas pelo BOA, nem pelos extratos das cultivares de milho.

A solução de BOA, e os extratos das cultivares de milho testados afetam negativamente e, de forma similar, o desenvolvimento da radícula e do hipocótilo das plântulas de alface. Os efeitos são diretamente proporcionais às concentrações de BOA e dos extratos.

As cultivares de milho apresentam a substância BOA, em concentrações diferenciadas, que em ordem decrescente são: AG-1051 com 29 μg , C-333 com 24 μg e C-435 com 21 μg , por grama de matéria fresca.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar os dados apresentados nesta tese verificou-se que as plantas do cafeeiro, em nível de campo, sofreram interferência em função dos diversos tipos de resíduos das plantas de milho cultivadas no ano anterior, até a última avaliação efetuada aos 100 dias após o plantio, época em que ocorreu maior diferenciação no desenvolvimento do cafeeiro. Após este período o déficit hídrico, normal nesta época do ano no sudeste do Brasil, afetou o cafeeiro causando a morte da maioria das plantas. Numa seqüência evolutiva da lavoura cafeeira é de se imaginar que a interferência poderia ser progressiva e que, no caso do prejuízo, este poderia afetar a planta do cafeeiro por todo seu ciclo.

A matéria seca de uma cultivar de milho não provocou efeitos prejudiciais mas, ao contrário, causou estímulo no crescimento do cafeeiro. No mercado existe uma gama enorme de cultivares de milho, assim como de cultivares de cafeeiro e, é provável que haja efeitos diversos na interação entre estas cultivares. Diante disto, faz-se necessário avançar os estudos nesta área de interferência, em que se pode realizar trabalho no sistema de varredura, confrontando o maior número possível de cultivares das culturas de milho e cafeeiro, com identificação de outros aleloquímicos, que interfiram no processo.

Como o trabalho realizado em laboratório, casa de vegetação e campo apresentou consistência e similaridade em seus resultados, sugere-se que, de forma expedita, experimentos sejam executados preliminarmente em laboratório ou casa de vegetação, para que os cafeicultores tenham informações sobre o assunto e possam tomar decisões acertadas, em relação ao plantio da cultura do cafeeiro. Posteriormente ou paralelamente, trabalhos de campo definirão aqueles resultados de maior expressão no laboratório ou casa de vegetação.

Finalmente sugere-se a realização de trabalhos que pesquisem a interferência de plantas de milho em consorciação com o cafeeiro.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J. C.; DAVIDE, L. C.; DAVIDE, A. C.; SOUZA, I. F. Effects of aqueous extracts of *Anadenanthera peregrina* (L) Speg. on seed germination and seedling growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Allelopathy Journal**, Hisar, v. 8, n. 1, p. 73-78, Jan. 2001.

AL-MEZORI, H. A.; AL-SAADAWI, I. S.; AL-HADITHI, T. R. Allelopathic effects of corn residues on the subsequent corn crop. **Allelopathy Journal**, Hisar, v. 6, n. 2, p. 193-200, Feb. 1999.

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

ALMEIDA, F. S. Efeitos alelopáticos de resíduos vegetais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 221-236, fev. 1991.

ARGANDOÑA, V. H.; CORCUERA, L. J. Distribution of hydroxamic acids in *Zea mays* tissues. **Phytochemistry**, Oxford, v. 24, n. 1, p. 177-178, Jan. 1985.

ARGANDOÑA, V. H.; LUZA, J. G.; NIEMAYER, H. M.; CORCUERA, L. J. Role of hydroxamic acids in the resistance of cereals to aphids. **Phytochemistry**, Oxford, v. 19, n. 8, p. 1665-1668, Aug. 1980.

AZANIA, A. A. P. M.; AZANIA, C. A. M.; ALVES, P. L. C. A.; PALANIRAJ, R.; KADIAN, H. S.; SATI, S. C.; RAWAT, L. S.; DAHIYA, D. S. e NARWAL, S. S. Allelopathic plants. 7. Sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Allelopathy Journal**, Hisar, v. 11, n. 1, p. 1-20, Jan. 2003.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 247 p.

BARNES, J. P.; PUTNAM, A. R. Evidency for allelopathy by residues and aqueous extracts of rye (*Secale cereale*). **Weed Science**, Champaign, v. 34, n. 3. 384-390, May 1986.

BARNES, J. P.; PUTNAM, A. R. Role of benzoxazinones in allelopathy by rye (*Secale cereale* L.). **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 13, n. 4, p. 889-906, Apr. 1987.

BARNES, J. P.; PUTNAM, A. R.; BURKE, B. A.; AASEN, A. J. Isolation and characterization of allelochemicals in rye herbage. **Phytochemistry**, Oxford, v. 26, n. 5, p. 1385-1390, May 1987.

BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, M.; BRAGA FILHO, L. J. Determinação de área de folhas do café (*Coffea arabica* cv. Bourbon Amarelo). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 20, n. 107, p. 44-52, jan./mar. 1973.

BARTHA, R.; PRAMER, D. Biochemical transformation of herbicide-derived anilines: Requirements of molecular configuration. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, n. 18, n. 12, p. 1617-1622, June 1972.

BERES, I.; KAZINCZI, G. Allelopathic effects of shoot extracts and residues of weeds on field crops. **Allelopathy Journal**, Hisar, v. 7, n. 1, p. 93-98, Jan. 2000.

BLUM, U.; KING, L. D.; BROWNIE, C. Effects of wheat residues on dicotyledonous weed emergence in a simulated no-till system. **Allelopathy Journal**, Hisar, v. 9, n. 2, p. 159-176, Feb. 2002.

CHASE, W. R.; NAIR, M. G.; PUTNAM, A. R. 2,2'-oxo-1,1'-azobenzene: selective toxicity of rye (*Secale cereale* L.) allelochemicals to weed and crop species: II. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 17, n. 1, p. 9-19, Jan. 1991.

CHOU, C.; PATRICK, Z. A. Identification and phytotoxic activity of compounds produced during decomposition of corn and rye residues in soil. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 2, n. 3, p. 369-387, 1976.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADOS DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, 1999. 359 p.

COOPER, T. G. **The tools of biochemistry**. New York: John Willey, 1977. 422 p.

CORCUERA, L. J.; WOODWARD, M. D. HELGESON, J. P.; KELMAN, A.; UPPER, C. D. 2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one (DIMBOA), an inhibitor from *Zea mays* with differential activity against soft rotting *Erwinia* species. **Plant Physiology**, Rockville, v. 61, n. 5, p. 791-795, May 1978.

CORRÊA, J. F. **Potencialidades alelopáticas e identificação de algumas substâncias de folhas de *Eupatorium maximiliani* Schrad.** 1996. 58 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CREAMER, N. G.; BENNETT, M. A.; STINNER, B. R.; CARDINA, J.; REGNIER, E. E. Mechanisms of weed suppression in cover crop-based production systems. **HortScience**, Alexandria, v. 31, n. 3, p. 410-413, June 1996.

CUDNEY, D. W.; JORDAN, L. J.; HOLT, J. S.; REINTS, J. S. Competitive interactions of wheat (*Triticum aestivum* L.) and wild oats (*Avena fatua* L.) grown at different densities. **Weed Science**, Champaign, v. 37, n. 3, p. 538-543, July/Sept. 1989.

DURIGAN, J. C.; ALMEIDA, F. L. S. **Noções sobre alelopatia.** Jaboticabal: FUNEP, 1993. 28 p.

DYER, J. R. (Tradução de Aurora Giora Albanese). **Aplicações da espectrometria de absorção aos compostos orgânicos.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1969. 155 p.

EINHELLIG, F. A. Mechanisms and modes of action of allelochemicals. In: PUTNAM, A. R.; TANG, C. S. (Ed.). **The science of allelopathy.** New York: John Willey, 1986. p. 171-188.

EL-NAGDY, S.; EL-HASHASH, M. A.; AFIFY, A. A.; EL-SHAHED, F. Behavior of benzoxazinone derivatives bearing a bulky group at position-2 towards some nitrogen % carbon nucleophiles. **Indian Journal of Chemistry**, Hisar, v. 28, n. 1, p. 126-130, Fev. 1989.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Milho: fisiologia da produção. In: SEMINÁRIO SOBRE FISILOGIA DA PRODUÇÃO E MANEJO DE ÁGUA E DE NUTRIENTES NA CULTURA DO MILHO DE ALTA PRODUTIVIDADE, 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP/POTAFOS, 1996. p. 8-21.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos, SP. **Programa e resumos....** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.

FUERST, E. P.; PUTNAM, A. R. Separating the competitive and allelopathic components of interference: Theoretical principles. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 9, n. 5, p. 937-944, May 1983.

GAGLIARDO, R. W.; CHILTON, W. S. Soil transformation of benzoxazolone of rye into phytotoxic 2-amino-3H-phenoxazin-3-one. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 18, n. 10, p. 1683-1691, Oct. 1992.

GILL, D. S.; SANDHLU, K. S. Allelopathic effects of winter crop residues on the growth of succeeding summer crop. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ECOLOGICAL AGRICULTURE, 1997, Chandigarh, Índia [Department of Agronomy, Punjab Agricultural University, Ludhiana – 141 004, Índia] 1997. p. 58.

GUENZI, W. D.; McCALLA, T. M. Phenolic acids in oats, wheat, sorghum and corn residues and their phytotoxicity. **Agronomy Journal**, Madison, v. 58, n. 3, p. 303-304, May/June 1966.

HIETALA, P.; VIRTANEN, A. I. Precursors of benzoxazolinone in rye plants. **Acta Chemical of Scandinavian**, Helsinki, v. 14, n. 2, p. 502-504, 1960.

JIMENEZ, J. J.; SCHULTZ, K.; ANAYA, A. L.; HERNANDEZ, J.; ESPEJO, O. Allelopathic potential of corn pollen. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 9, n. 8, p. 1011-1025, Aug. 1983.

LANDERS, J. N. Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado. Goiânia: APDC, 1994. 261 p.

LERNER, H. R. **Plant responses to environmental stresses: from phytohormones to genome reorganization**. New York: H. R. Lerner, 1999. 730 p.

MATOS, F. J. A. **Introdução a fitoquímica experimental**. Fortaleza: UFC, 1988. 128 p.

NAGABHUSHANA, G. G.; WORSHAM, A. D.; YENISH, J. P. Allelopathic cover crops to reduce herbicide use in sustainable agricultural systems. **Allelopathy Journal**, Hisar, v. 8, n. 2, p. 133-146, July 2001.

NAIR, M. G.; WHITENACK, C. J.; PUTNAM, A. R. 2,2'-oxo-1,1'-azobenzene a microbially transformed allelochemical from 2,3-benzoxazolinone. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 16, n. 2, p. 353-364, Feb. 1990.

NIEMEYER, H. M. Hydroxamic acids (4-hydroxy-1,4-benzoxazin-3-ones), defence chemicals in the Gramineae. **Phytochemistry**, Oxford, v. 27, n. 11, 3349-3358, Nov. 1988.

PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S. **Introduction to spectroscopy, a guide for students of organic chemistry**. 2. ed. Orlando: Saunders College Publishing, 1996. 511 p.

PÉREZ, F. J.; ORMEÑO-NÚÑEZ, J. Differences in hydroxamic acid contents in roots and roots exudates of wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereale* L.): possible role in allelopathy. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 17, p 1037-1043, 1991.

PESSI, A.; SCALORBI, D. High-performance liquid chromatography of naturally occurring benzoxazolinonas. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 177, n. 1, p. 162-165, 1979.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 129, p. 16-27, set. 1985.

POLITYCKA, B. Physiological responses of cucumber to allelochemicals of phenolic compounds. **Allelopathy Journal**, Hisar, v. 10, n. 2, p. 85-104, Oct. 2002.

PUTNAM, A. R.; DeFRANK, J. Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. **Crop Protection**, Oxford, v. 2, n. 2, p. 173-181, 1983.

PUTNAM, A. R.; DUKE, W. B. Allelopathy in agroecosystems. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v. 16, p. 431-451, 1978.

RAMAMURTHY, V.; SHIVASHANKAR, K. Allelopathic effects of soybean, maize and sunflower. **Allelopathy Journal**, Hisar, v. 2, n. 2, p. 205-208, Feb. 1995.

RAMOS, L. R. M. Efeito de períodos de convivência da comunidade infestante sobre o crescimento, nutrição mineral e produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.). 1992. 58 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Campos de Jaboticabal, Jaboticabal, SP.

RAW, I.; COLLI, W. **Fundamentos de bioquímica**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1965. 133 p.

REIGOSA, M. J.; GONZALEZ, L.; SANCHES-MOREIRA, A.; DURAN, B.; PUIME, D. FERNANDEZ, D. A.; BOLANO, J. C. Comparison of physiological effects of allelochemicals and commercial herbicides. *Allelopathy Journal*, Hisar, v. 8, n. 2, p. 211-2220, July 2001.

RICE, E. L. *Allelopathy*. 2. ed. Orlando: Academic Press, 1984. 422 p.

RIFFLE, M. S.; WALLER, G. R.; MURRAY, D. S.; SGARAMELLO, R. P. Devil's-claw (*Proboscidea louisianica*), essential oil and its components potential allelochemical agents on cotton and wheat. *Journal of Chemical Ecology*, New York, v. 16, n. 6, p. 1927-1940, June 1990.

SANTOS, C. C. Efeito de resíduos de milho sobre o desenvolvimento de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). 2002. 62 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SANTOS, C. C.; OLIVEIRA, D. F.; SOUZA, I. F.; ALVES, L. W. R.; FURTADO, D. A. S. Efeito de extratos orgânicos de plantas daninhas e cultivares de milho (*Zea mays*) na germinação e crescimento de plântulas de alface. In: CONGRESSO DA PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 10., 2001, Lavras. *Anais...* Lavras: APG, 2001. 1 CD-ROM.

SHILLING, D. G.; LIEBL, R. A.; WORSHAM, A. D. Rye and wheat mulch: The suppression of certain broadleaved weeds and the isolation and identification of phytotoxins. In: *The chemistry of allelopathy: biochemical interactions among plants*. Washington: A. C. Thompson, 1985. p. 243-271.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X. (Tradução: Paula Fernandes de Aguiar e Ricardo Bicca de Alencastro). *Identificação espectrométrica de compostos orgânicos*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2000. 460 p.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. Porto Alegre: UFRGS; Florianópolis: UFSC, 1999. 821 p.

SKOOG, D. A.; LEARY, J. J. *Principles of instrumental analysis*. 4. ed. Saunders College Publishing, Orlando, 1992. 700 p.

SOARES, B. G.; SOUZA, N. A.; PIRES, D. X. *Química orgânica: teoria e técnicas de preparação, purificação e identificação de compostos orgânicos*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 322 p.

SOUZA, L. S.; FAVORETO, A. F.; FERRAZ, R. A.; VELINI, E. D. Efeitos alelopáticos de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre três variedades de café (*Coffea arabica*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. Resumos... Londrina, PR: SBCPD, 2000. p. 84.

TANG, C. S.; CHANG, S. H.; HOO, D.; YANAGIHARA, K. H. Gás chromatographic determination of 2(3)-benzoxazolinones from cereal plants. **Phytochemistry**, Oxford, v. 14, n. 12, p. 2077-2079. Dec. 1975

TIPTON, C. L.; BUELL, E. L. Ferric iron complexes of hydroxamic acids from maize. **Phytochemistry**, Oxford, v. 9, n. 6, p. 1215-1217, June 1970.

WEIDENHAMER, J. D. Distinguishing resource competition and chemical interference: overcoming the methodological impasse. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 6, p. 866-875, Nov./Dec. 1996.

WILLIAMSON, G. B. Allelopathy, Koch's postulates, and the neck riddle. In: GRACE, J. B.; TILMAN, D. **Perspectives on plant competition**. San Diego: Academic Press, 1990. p. 143-161.

WOODHEAD, S. Environmental and biotic factors affecting the phenolic content of different cultivars of *Sorghum bicolor*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 7, n. 6, p. 1035-1047, June 1981.

WOODWARD, M. D.; CORCUERA, L. J.; HELGESON, J. P.; UPPER, C. D. Decomposition of 2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one in aqueous solutions. **Plant Physiology**, Rockville, v. 61, n. 5, p. 796-802, May 1978a.

WOODWARD, M. D.; CORCUERA, L. J.; HELGESON, J. P.; UPPER, C. D. Factors that influence the activity of 2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3(4H)-one on *Erwinia* species in growth. **Plant physiology**, Rockville, v. 61, n. 5, p. 803-805, May 1978b.

ANEXOS

ANEXO A	Página
TABELA 1A. Resumo dos dados climatológicos, durante a condução do experimento de campo.....	77
ANEXO B.....	77
EXPERIMENTO DE CAMPO.....	77
TABELA 1B. Resumo da análise de variância de matéria seca produzida pelo milho.....	77
TABELA 2B. Resumo do desdobramento da análise de variância de cultivar dentro de cada densidade de plantio, para produção de matéria seca de milho.....	78
TABELA 3B. Resumo da análise de variância de densidade de plantio dentro de cada cultivar, para produção de palha de milho.....	78
TABELA 4B. Resumo do teste de média pelo método de Tukey para densidade versus cultivar, para produção de matéria seca de milho (kg/ha).	78
TABELA 5B. Resumo da análise de variância para área foliar, diâmetro e altura do cafeeiro cv. Rubi, dez dias após o plantio.....	79
TABELA 6B. Resumo da análise de variância conjunta de área foliar, diâmetro e altura de plantas do cafeeiro cv. Rubi.....	79
TABELA 7B. Resumo da análise de variância de incremento de altura de plantas de cafeeiro cv. Rubi, em função da cultivar dentro de cada densidade.....	80
TABELA 8B. Resumo da análise de variância de incremento de altura de plantas de cafeeiro cv. Rubi, em função da	

densidade dentro de cada cultivar.....	80
TABELA 9B. Altura acumulada de plantas de cafeeiro cv. Rubi, em função da cultivar versus densidade.....	80
TABELA 10B. Resumo da análise de variância de incremento de altura de plantas, área foliar e diâmetro de plantas de cafeeiro cv. Rubi, em função das cultivares em cada tempo.....	81
TABELA 11B. Altura, área foliar e diâmetro acumulado de plantas de cafeeiro cv. Rubi em função das cultivares dentro do tempo 100 DAP.....	81
TABELA 12B. Resumo da análise de variância de incremento de altura, diâmetro e área foliar de plantas de cafeeiro cv. Rubi, em função do tempo dentro de cada cultivar	81
TABELA 13B. Área foliar acumulada de plantas de cafeeiro cv. Rubi, em função da densidade de plantio da cultura do milho.....	82
TABELA 14B. Diâmetro acumulado de plantas de cafeeiro cv. Rubi, em função do tempo 55 DAP, dentro de cada cultivar.....	82
ANEXO C.....	82
BIOENSAIO COM BOA.....	82
TABELA 1C. Resumo da análise de variância, para porcentagem de germinação e índice de germinação de sementes de alfaca, submetidas a várias concentrações de BOA.....	82
TABELA 2C. Resumo da análise de variância, para crescimento de radícula e hipocótilo aos sete dias após a semeadura, em função de doses de BOA e tratamento com éter....	83

TABELA 3C. Resumo da análise de variância de contrastes, pelo teste de Scheffé, entre as médias dos tratamentos testemunha com água destilada e com éter, para radícula e hipocótilo aos sete dias após a semeadura...	83
TABELA 4C. Resumo da análise de variância, para crescimento de radícula e hipocótilo aos sete dias após a semeadura, em função de doses de BOA.....	83
TABELA 5C. Resumo da análise de regressão, para crescimento de radícula e hipocótilo de alface, aos sete dias após a semeadura, em função de doses de BOA.....	84
ANEXO D.....	84
BIOENSAIO COM OS EXTRATOS.....	84
TABELA 1D. Resumo da análise de variância, para porcentagem de germinação e índice de germinação de sementes de alface, submetidas a diferentes concentrações de extratos de três cultivares de milho.....	84
TABELA 2D. Resumo da análise de variância, para crescimento de radícula e hipocótilo, aos sete dias após a semeadura, em função das concentrações dos extratos das cultivares de milho.....	85
TABELA 3D. Resumo da análise de variância de desenvolvimento de alface, aos sete dias após a semeadura, em função das concentrações dos extratos dentro de cada cultivar de milho.....	85
TABELA 4D. Resumo da análise de regressão polinomial para crescimento de radícula de alface, aos sete dias após a semeadura, em função das concentrações dos	

	extratos das cultivares AG-1051, C-333 e C-435.....	86
TABELA 5D.	Resumo da análise de variância de crescimento de hipocótilo de alface, aos sete dias após a semeadura, em função das concentrações dos extratos dentro de cada cultivar de milho.....	86
TABELA 6D.	Resumo da análise de regressão polinomial para crescimento de hipocótilo de alface, aos sete dias após a semeadura, em função das concentrações dos extratos das cultivares de milho AG-1051, C-333 e C-435.....	87
TABELA 7D.	Resumo da análise de variância de crescimento de radícula de alface, aos sete dias após a semeadura, em função das cultivares de milho, dentro de cada concentração dos extratos.....	87
TABELA 8D.	Resumo do teste de médias, pelo método de Tukey, para crescimento de radícula de alface, aos sete dias após a semeadura, em função das cultivares de milho, dentro da concentração 5% e 25% dos extratos.....	87
TABELA 9D.	Resumo da análise de variância de crescimento de hipocótilo de alface, aos sete dias após a semeadura, em função das cultivares de milho, dentro de cada concentração dos extratos.....	88
TABELA 10D.	Resumo do teste de médias, pelo método de Tukey, para crescimento de hipocótilo de alface, aos sete dias após a semeadura, em função das cultivares de milho, dentro da concentração 10% dos extratos.....	88

TABELA 1A. Resumo dos dados climatológicos, durante a condução do experimento de campo. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Mês	Ano	T. Max ¹ °C	T. Min ² °C	T. Méd ³ °C	U. R. ⁴ (%)	Insolação Horas/dia	Precipitação mm/mês
Novembro	2000	26,88	17,05	21,14	79,47	5,20	239,1
Dezembro	2000	27,54	17,55	21,67	76,99	5,45	237,6
Janeiro	2001	29,44	18,50	23,03	72,55	7,54	142,8
Fevereiro	2001	31,00	18,38	23,73	68,54	8,36	50,1
Março	2001	29,10	17,87	22,59	74,94	6,60	141,6
Abril	2001	29,41	16,45	22,05	68,87	8,97	17,7
Mai	2001	25,37	13,16	18,44	72,29	6,68	46,8
Junho	2001	25,54	11,88	17,72	69,20	8,23	0,00
Julho	2001	26,15	11,91	17,85	64,16	8,23	0,00
Agosto	2001	26,21	12,38	18,45	59,94	8,14	46,2
Setembro	2001	25,90	14,05	19,25	67,73	7,13	46,2
Outubro	2001	27,26	15,57	21,13	66,32	7,51	105,0
Novembro	2001	28,57	17,84	22,29	74,53	6,14	234,9
Dezembro	2001	27,19	17,65	21,55	80,32	4,45	386,1
Janeiro	2002	29,18	18,55	22,85	76,77	6,16	128,1
Fevereiro	2002	27,24	18,11	21,55	82,11	4,65	395,4
Março	2002	29,77	18,10	22,50	75,48	7,85	118,2
Abril	2002	29,31	16,55	22,17	66,73	9,48	0,3
Mai	2002	26,64	14,79	19,48	72,29	7,35	16,5

¹T. Max – temperatura máxima

²T. Min – temperatura mínima

³T. Méd – temperatura média

⁴U. R. – umidade relativa

TABELA 1B. Resumo da análise de variância de matéria seca produzida pelo milho. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio
Bloco	2	115103,06
Cultivar	2	7748304,32**
Densidade	3	790989,60*
Cultivar x Densidade	6	1141178,47**
Resíduo	22	251814,97
Média Geral	6475,93	
C.V.(%)	7,75	

GL=graus de liberdade

* significativo ao nível de 5% pelo teste de F

** significativo ao nível de 1% pelo teste de F

TABELA 2B. Resumo do desdobramento da análise de variância de cultivar, dentro de cada densidade de plantio, para produção de matéria seca de milho. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio
Cultivar/Densidade 4	2	83000,96 ^{ns}
Cultivar/Densidade 5	2	5125237,11**
Cultivar/Densidade 6	2	2457161,62**
Cultivar/Densidade 7	2	3506440,06**
Resíduo	22	251814,97**

GL=graus de liberdade

** significativo ao nível de 1% pelo teste de F

^{ns}: não significativo pelo teste de F.

TABELA 3B. Resumo da análise de variância de densidade de plantio dentro de cada cultivar, para produção de palha de milho. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio
Densidade/AG-1051	3	447999,63 ^{ns}
Densidade/C-333	3	2201051,67**
Densidade/C-435	3	424295,25 ^{ns}
Resíduo	22	251814,97

GL=graus de liberdade

** significativo ao nível de 1% pelo teste de F

^{ns}: não significativo pelo teste de F.

TABELA 4B. Resumo do teste de média pelo método de Tukey para densidade versus cultivar, para produção de matéria seca de milho (kg/ha). UFLA, Lavras – MG. 2003.

Densidade	AG-1051	C-333	C-435
4	6007 a A	6133 a A	6337 a A
5	5600 a A	7796 b B	5470 a A
6	6540 a A	7674 b B	5885 a A
7	6111 a A	8004 b B	6151 a A

Grupos de médias com as mesmas letras nas linhas (minúsculas) e nas colunas (maiúsculas) indicam tratamentos sem diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 5B. Resumo da análise de variância para área foliar, diâmetro e altura do cafeeiro cv. Rubi, aos 10 dias após o plantio (10 DAP). UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		Área foliar	Altura	Diâmetro
Repetição	2	10630,385	2,996	0,294
Tratamento	15	5816,010 ^{ns}	0,774 ^{ns}	0,055 ^{ns}
Resíduo	30	6431,751	0,875	0,051
Média geral		786,321	12,706	3,084
CV (%)		10,20	7,360	7,32

GL=graus de liberdade

^{ns}: não significativo pelo teste de F.

TABELA 6B. Resumo da análise de variância conjunta de incremento de área foliar, diâmetro e altura de plantas do cafeeiro cv. Rubi. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		Área foliar	Altura	Diâmetro
Bloco	2	21,685	2,123	0,353
(Tratamentos)	(13)	(75860,472)	(1,303)	(0,213)
Cultivar	2	428284,657**	6,058	1,232**
Densidade	3	31977,471**	0,478	0,065
Cultivar x Densidade	6	4306,817	0,194*	0,010
Fatorial x Adicional	2	3921,758	1,112**	0,020
Resíduo a = Trat*Bloco	26	6471,798	0,064	0,046
Parcela	41			
Tempo	1	15568369,536**	893,892**	24,743**
Tempo*Bloco	2	5566,680	1,305	0,469
Tempo*Adicional	2	448,0245	0,254	0,056
Tempo*Cultivar	2	275448,522**	2,207**	0,548**
Tempo*Densidade	3	28151,702	0,150	0,060
Tempo*Cultivar*Densidade	6	4790,881	0,439	0,031
Resíduo b	26	6313,866	0,348	0,028

Resumo dos Coeficientes de Variação

Média geral	881,43	5,92	1,98
CV 1 (%)	4,56	2,14	5,43
CV 2 (%)	9,13	5,43	10,87

GL=graus de liberdade

** significativo ao nível de 1% pelo teste de F

* significativo ao nível de 5% pelo teste de F

TABELA 7B. Resumo da análise de variância de incremento de altura de plantas de cafeeiro cv. Rubi, em função da cultivar dentro de cada densidade. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio
Cultivar:Densidade 4	2	1,1534**
Cultivar:Densidade 5	2	0,9689**
Cultivar:Densidade 6	2	3,2605**
Cultivar:Densidade 7	2	1,2468**
Resíduo	26	0,0668

GL=graus de liberdade

** significativo ao nível de 1% pelo teste de F

TABELA 8B. Resumo da análise de variância de incremento de altura de plantas de cafeeiro cv. Rubi, em função da densidade dentro de cada cultivar. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio
Densidade: AG-1051	3	0,1141 ^{ns}
Densidade: C-333	3	0,1139 ^{ns}
Densidade: C-435	3	0,6395**
Resíduo	26	0,0642

GL=graus de liberdade

** significativo ao nível de 1% pelo teste de F

^{ns}: não significativo pelo teste de F.

TABELA 9B. Altura acumulada de plantas de cafeeiro cv. Rubi, em função da cultivar versus densidade, pelo método de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Densidade	Cultivar		
	AG-1051	C-333	C-435
4	5,77 b A	5,40 c A	6,28 a B
5	5,70 b A	5,68 b A	6,39 a B
6	5,71 b A	5,62 b A	6,94 a A
7	5,46 b A	5,43 b A	6,24 a B

Grupos de médias com as mesmas letras nas linhas (minúsculas) e nas colunas (maiúsculas) indicam tratamentos sem diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 10B. Resumo da análise de variância de incremento de altura de plantas, área foliar e diâmetro de plantas de cafeeiro cv. Rubi, em função dos cultivar em cada tempo. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Altura	Área Foliar	Diâmetro
Cultivar: 55 DAP	2	0,4760 ^{ns}	10506,2932 ^{ns}	0,2523**
Cultivar: 100 DAP	2	7,7688**	693226,8870**	1,5266**
Resíduo	17/64/55 ¹	0,2062	6392,9320	0,0373

GL=graus de liberdade.

¹ – GL para Altura, Área Foliar e Diâmetro, respectivamente

** significativo ao nível de 1% pelo teste de F

^{ns}: não significativo pelo teste de F.

TABELA 11B. Altura, área foliar e diâmetro acumulado de plantas de cafeeiro cv. Rubi em função das cultivares dentro do tempo 100 DAP, pelo método de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Cultivar	Altura	Área Foliar	Diâmetro
AG-1051	8,79 b	1078,56 c	2,13 c
C-333	8,59 b	1287,27 b	2,52 b
C-435	10,07 a	1597,93 a	2,84 a

Grupos de médias nas colunas com as mesmas letras indicam tratamentos sem diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 12B. Resumo da análise de variância de incremento de altura, diâmetro e área foliar de plantas de cafeeiro cv. Rubi, em função do tempo dentro de cada cultivar. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Altura	Área Foliar	Diâmetro
Tempo: AG-1051	1	1237,8190**	2512385,1670**	3,0246**
Tempo: C-333	1	1182,3003**	4401870,4110**	8,9182**
Tempo: C-435	1	1626,8104**	6941255,5290**	9,3001**
Resíduo	42	0,3480	6313,8660	0,0280

GL=graus de liberdade

** significativo ao nível de 1% pelo teste de F

TABELA 13B. Área foliar acumulada de plantas de cafeeiro cv. Rubi, em função da densidade de plantio da cultura do milho, pelo método de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Densidade	Média	
5	907,0	a
6	897,0	a
4	888,0	a b
7	815,0	b

Grupos de médias na coluna seguidas de mesmas letras indicam tratamentos sem diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 14B. Diâmetro acumulado de plantas de cafeeiro cv. Rubi, em função do tempo 55 DAP, dentro de cada cultivar, pelo método de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Cultivar	Médias	
C-435	1,59	a
AG-1051	1,42	a b
C-333	1,31	b

Grupos de médias na coluna seguidas de mesmas letras indicam tratamentos sem diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

ANEXO C

BIOENSAIO COM BOA

TABELA 1 C. Resumo da análise de variância, para porcentagem de germinação e índice de germinação de sementes de alface, submetidas a várias concentrações de BOA. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio	
		% Germinação	I. V. G.
Tratamento	5	58,1667 ^{ns}	0,9940 ^{ns}
Erro	18	40,5000	1,1034
Média Geral		91,9167	22,7475
C.V. (%)		6,92	4,62

GL=graus de liberdade

^{ns}: não significativo pelo teste de F.

TABELA 2 C. Resumo da análise de variância, para crescimento de radícula e hipocótilo, aos sete dias após a semeadura, em função de doses de BOA e tratamento com éter. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio	
		Radícula	Hipocótilo
Tratamento	5	410,2024 **	252,7570 **
Erro	18	2,7693	5,3856
Média geral	23	18,4542	20,8250
C.V. (%)		9,02	11,14

GL=graus de liberdade

** = significativo ao nível de 1% pelo teste de F.

TABELA 3 C. Resumo da análise de variância de contrastes, pelo teste de Scheffé, entre as médias dos tratamentos testemunha com água destilada e com éter, para radícula e hipocótilo aos sete dias após a semeadura. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio	
		Radícula	Hipocótilo
Contraste	1	0,7200 ^{ns}	1,6200 ^{ns}
Erro	18	2,7693	5,3856

GL=graus de liberdade

** = significativo ao nível de 1% pelo teste de F.

^{ns}: não significativo pelo teste de F.

TABELA 4 C. Resumo da análise de variância, para crescimento de radícula e hipocótilo, aos sete dias após a semeadura, em função de doses de BOA. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio	
		Radícula	Hipocótilo
Tratamento	4	370,9430**	253,7382**
Erro	15	2,9573	6,0048
Média geral		16,2800	19,3850
C. V. (%)		10,56	12,64

GL=graus de liberdade

** = significativo ao nível de 1% pelo teste de F.

TABELA 5 C. Resumo da análise de regressão, para desenvolvimento de radícula e hipocótilo de alface, aos sete dias após a semeadura, em função de doses de BOA. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio	
		Radícula	Hipocótilo
R. Linear	1	1347,343642 **	928,6147 **
R. Quadrática	1	60,539380 **	79,3601 **
R. Cúbica	1	3,692975 ^{ns}	0,1328 ^{ns}
Desvios	1	72,196003	6,8454
Erro	15	2,957333	6,0048

GL=graus de liberdade

** = significativo ao nível de 1% pelo teste de F.

^{ns}: não significativo pelo teste de F.

ANEXO D

BIOENSAIO COM EXTRATOS DE CULTIVARES DE MILHO

TABELA 1 D. Resumo da análise de variância, para porcentagem de germinação e índice de germinação de sementes de alface, submetidas a diferentes concentrações de extratos de três cultivares de milho. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio	
		% Germinação	I. G.
Tratamento	5	3,4103 ^{ns}	0,0018 ^{ns}
Erro	18	3,5641	0,0014
Média Geral		95,0385	22,8317
C.V. (%)		1,99	0,16

GL=graus de liberdade

^{ns}: não significativo pelo teste de F.

TABELA 2 D. Resumo da análise de variância conjunta, para desenvolvimento de radícula e hipocótilo, aos sete dias após a semeadura, em função das concentrações dos extratos das cultivares de milho. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio	
		Radícula	Hipocótilo
Cultivar	2	55,1297 **	41,2063 **
Concentração	3	161,7065 **	1010,6024 **
Cultivar x Concentração	6	24,2969 **	8,3682 *
Fatorial vs Adicional	1	1558,0064 **	238,0710 **
Resíduo	39	2,8217	2,7858
Média Geral		10,4385	21,2229
C.V. (%)		16,09	7,86

GL=graus de liberdade

* significativo ao nível de 5% pelo teste de F

** significativo ao nível de 1% pelo teste de F

TABELA 3 D. Resumo da análise de variância de desenvolvimento de alface, aos sete dias após a semeadura, em função das concentrações dos extratos dentro de cada cultivar de milho. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Concentração: AG-1051	3	143,4956 **
Concentração: C-333	3	50,1688 **
Concentração: C-435	3	16,6360 *
Resíduo	39	2,8217

GL=graus de liberdade

* significativo ao nível de 5% pelo teste de F

** significativo ao nível de 1% pelo teste de F

TABELA 4 D. Resumo da análise de regressão polinomial para crescimento de radícula de alface, aos sete dias após a semeadura, em função das concentrações dos extratos das cultivares de milho AG-1051, C-333 e C-435. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		AG-1051	C-333	C-435
R. Linear	1	421,1225 *	90,9500 *	41,6883 **
R. Quadrática	1	8,4826 ^{ns}	38,4400 ^{ns}	6,1877 ^{ns}
R. Cúbica	1	0,8715 ^{ns}	21,1152 ^{ns}	0,1320 ^{ns}
Resíduo	39	2,8217	2,8217	2,8217

GL=graus de liberdade

* significativo ao nível de 5% pelo teste de F

** significativo ao nível de 1% pelo teste de F

^{ns} = não significativo, pelo teste de F

Equação de regressão: $Y_{AG-1051} = 17,85 - 76,33x$ $R^2 = 0,98$

Equação de regressão: $Y_{C-333} = 11,39 - 35,67x$ $R^2 = 0,61$

Equação de regressão: $Y_{C-435} = 9,61 - 24,07x$ $R^2 = 0,83$

TABELA 5 D. Resumo da análise de variância de crescimento de hipocótilo de alface, aos sete dias após a semeadura, em função das concentrações dos extratos dentro de cada cultivar de milho. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Concentração.: AG-1051	3	312,4242 **
Concentração: C-333	3	330,5210 **
Concentração: C-435	3	384,3938 **
Resíduo	39	2,7858

GL=graus de liberdade

** significativo ao nível de 1% pelo teste de F

TABELA 6D. Resumo da análise de regressão polinomial para crescimento de hipocótilo de alface, aos sete dias após a semeadura, em função das concentrações dos extratos das cultivares de milho AG-1051, C-333 e C-435. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		AG-1051	C-333	C-435
R. Linear	1	881,7920 **	862,3128**	1004,6531 **
R. Quadrática	1	52,0225 ^{ns}	114,7576 ^{ns}	147,0156 ^{ns}
R. Cúbica	1	1,2701 ^{ns}	14,4925 ^{ns}	1,5125 ^{ns}
Resíduo	39	2,7858	2,7858	2,7858

GL=graus de liberdade

* significativo ao nível de 5% pelo teste de F

^{ns} = não significativo pelo teste de F

Equação de regressão: $Y_{AG-1051} = 29,02 - 110,67x$ $R^2 = 0,94$

Equação de regressão: $Y_{C-333} = 32,10 + 109,3 X$ $R^2 = 0,92$

Equação de regressão: $Y_{C-435} = 31,11 + 118x$ $R^2 = 0,87$

TABELA 7 D. Resumo da análise de variância de crescimento de radícula de alface, aos sete dias após a semeadura, em função das cultivares de milho, dentro de cada concentração dos extratos. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Cultivar: conc. 20%	2	1,9165 ^{ns}
Cultivar: conc. 10%	2	2,9359 ^{ns}
Cultivar: conc. 5%	2	42,7394**
Cultivar: conc. 2,5%	2	70,2778**
Resíduo	39	2,8217

GL=graus de liberdade

** significativo ao nível de 1% pelo teste de F

^{ns} = não significativo pelo teste de F

TABELA 8D. Resumo do teste de médias, método de Tukey, para crescimento de radícula de alface, aos sete dias após a semeadura, em função das cultivares de milho, dentro da concentração 5% e 2,5% dos extratos. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	Médias (0,05)*	Médias (0,025)*
AG-1051	12,21 a	18,68 a
C-333	6,15 b	13,44 b
C-435	7,06 b	10,39 c

*Letras iguais na coluna indicam que as medias não diferem entre si pelo teste de tukey ao nível de 5% .

TABELA 9D. Resumo da análise de variância de crescimento de hipocótilo de alface, aos sete dias após a semeadura, em função das cultivares de milho, dentro de cada concentração dos extratos. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Cultivar: conc. 20%	2	7,3941 ^{ns}
Cultivar: conc. 10%	2	33,3528 **
Cultivar: conc. 5%	2	6,3975 ^{ns}
Cultivar: conc. 2,5%	2	7,9815 ^{ns}
Resíduo	39	2,7858

GL=graus de liberdade

** significativo ao nível de 1% pelo teste de F

^{ns} = não significativo pelo teste de F

TABELA 10D. Resumo do teste de médias, pelo método de Tukey, para crescimento de hipocótilo de alface, aos sete dias após a semeadura, em função das cultivares de milho, dentro da concentração 10% dos extratos. UFLA, Lavras – MG. 2003.

Fonte de Variação	Médias*
AG-1051	17,18 b
C-333	22,94 a
C-435	20,39 a

*Letras iguais na coluna indicam que as médias não diferem entre si pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.