

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**INFLUÊNCIA DE SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA
ALCOOLEIRA NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E
EM PLANTAS DE CANA-DE-AÇÚCAR, GUANXUMA E
CAPIM-BRAQUIÁRIA**

Andréa Aparecida de Padua Mathias Azania

Orientador: Prof. Dr. Marcos Omir Marques

**Co-orientadora: Prof^a Dr^a Maria do Carmo Morelli Damasceno
Pavani**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Junho de 2003

A991i Azania, Andréa Aparecida de Padua Mathias
Influência de subprodutos da indústria alcooleira nos atributos
químicos do solo e em plantas de cana-de-açúcar, guanxuma e capim-
braquiária / Andréa Aparecida de Padua Mathias Azania. – – Jaboticabal,
2003
v, 81 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2003

Orientador: Marcos Omir Marques

Co-orientadora: Maria do Carmo Morelli Damasceno Pavani

Banca examinadora: Teresinha de Jesus Deléo Rodrigues, José

Carlos Rolim

Bibliografia

1. Subprodutos. 2. Cana-de-açúcar. 3. Plantas Daninhas. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.879:633.61

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
– Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ANDRÉA APARECIDA DE PADUA MATHIAS AZANIA – nascida em 20 de agosto de 1975, em Araras, SP, é Bióloga formada pela Faculdade de Ciências Biológicas de Araras, em 1999. Em março de 2001 iniciou curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) finalizando em junho de 2003, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal. No segundo semestre de 2003, inicia curso de Doutorado em Produção Vegetal na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal.

Quantas vezes nós pensamos em desistir,
deixar de lado o ideal e os sonhos.
Quantas vezes batemos em retirada,
com o coração amargurado pela injustiça.
Quantas vezes sentimos o peso da responsabilidade,
sem ter com quem dividir.
Quantas vezes sentimos solidão,
mesmo cercado de pessoas.
Quantas vezes falamos, sem sermos notados.
Quantas vezes lutamos por uma causa perdida.
Quantas vezes voltamos para casa,
com a sensação de derrota.
Quantas vezes aquela lágrima teima em cair,
justamente na hora em que precisamos
parecer fortes.
Quantas vezes pedimos a Deus
um pouco de força, um pouco de luz.
E a resposta vem, seja lá como for,
um sorriso, um olhar cúmplice,
um cartãozinho, um bilhete, um gesto de amor.
E a gente insiste.
Insiste em prosseguir, em acreditar,
em transformar, em dividir, em estar, em ser.
E Deus insiste em nos abençoar,
em nos mostrar o caminho.
Aquele mais difícil,
mais complicado, mais bonito.
E a gente insiste em seguir,
por que tem uma missão.....
SER FELIZ!

Aos meus pais Antonio e Neuza
Meus irmãos Simone, Luana e Leonardo
Pelo apoio, compreensão, confiança e amor.
À minha querida avó Maria Aparecida
Pelo seu exemplo de humildade,
que ficaria feliz por mais esta etapa
de minha vida

DEDICO

Ao meu marido Carlos
Pelo seu amor, companheirismo,
dedicação e incentivo
em todos os momentos.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar minha vida e os caminhos que trilhei, para que hoje pudesse desenvolver e escrever meu trabalho de dissertação.

Ao CNPq pela concessão de bolsa de estudos.

Aos meus orientadores, Prof. Marcos Omir Marques e Prof^a Maria do Carmo Morelli Damasceno Pavani, pela orientação, dedicação, amizade, paciência e por serem meus maiores incentivadores.

Ao Prof. Pedro Luís da Costa Aguiar Alves, pela amizade e sugestões ao longo do trabalho e na banca do exame de qualificação, também à Eliane Alves, pela ajuda na esterilização de material.

À Prof^a Izabel Cristina Leite, pela amizade e sugestões no Exame Geral de Qualificação.

Aos membros da banca examinadora, Prof^a Teresinha de Jesus Deléo Rodrigues e Prof. José Carlos Rolim, pela valiosa contribuição com suas sugestões.

Ao Prof. Silvano Bianco, por ter viabilizado as análises em seu laboratório.

Ao Prof. José Carlos Barbosa, pelas sugestões e por solucionar minhas dúvidas com muita paciência.

Ao Prof. José Antonio Mendes pelo apoio e incentivo em todos esses anos.

As usinas de álcool e açúcar Santa Adélia e São Carlos, nas pessoas de Dr. Roberto Avalloni de Moraes e Dr. Mauro, respectivamente pelo fornecimento dos subprodutos.

À Fazenda Santa Cecília, em especial ao técnico Paulo, pelo fornecimento do cultivar de cana-de-açúcar utilizado no experimento.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa, pela ajuda na instalação do experimento.

Ao laboratório de solos da UFSCar/CCA pela ajuda na realização das análises de solo e plantas, José Carlos Casagrande e ao técnico Ernesto Favetta.

Às secretárias dos Departamentos de Tecnologia, Renata/Beth e Biologia Aplicada, Renata/Ivana, por estarem sempre dispostas a ajudar.

Às bibliotecárias Ana Sílvia e Tiêko pelas correções das referências bibliográficas.

Aos colegas de laboratório: José F. Martins, Francisco Rigler, Mariluce, Daniel Hernandez, Fábio Camilotti, José Carlos e Alex, pela convivência durante estes anos.

Aos amigos: Patrícia e Clodoaldo, Marcelo da Costa, Juarez Penso, Ana Márcia, Toninho e Denis, Reginaldo e Vanda, Paulo e Patrícia, Vivi Zorzo, Dona Cleonice, André May, Nuno e Hayda pelos momentos de alegrias e dificuldades que passamos juntos durante a caminhada.

À Clementina, Antonio e Rafael, pela compreensão nos momentos em que ficamos distantes e as vovós Cida e Ângela, pelos momentos de oração a nós dedicados.

Às minhas queridas Ana Julia e Ninu, pelas demonstrações de carinho todos os dias.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iv
SUMMARY	v
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	
1.1. A cultura da cana-de-açúcar	01
1.1.1. Introdução	01
1.1.2. Origem da vinhaça, flegmaça e óleo de fúsel	02
1.2. Vinhaça	04
1.2.1. Introdução	04
1.2.2. Composição	04
1.2.3. Aproveitamento	04
1.2.4. Quantidade utilizada	05
1.2.5. Efeitos no solo	05
1.2.6. Efeitos na planta	09
1.3. Flegmaça	09
1.3.1. Introdução	09
1.4. Óleo de fúsel	10
1.4.1. Introdução	10
1.4.2. Constituintes e seu uso	10
1.5. Plantas Daninhas	12
1.5.1. Introdução	12
1.5.2. A matoinfestação na cultura da cana-de-açúcar	13
1.5.3. Guanxuma (<i>Sida rhombifolia</i>)	14
1.5.3.1. Principais características da planta	14
1.5.3.2. A interferência na cana-de-açúcar	15
1.5.4. Capim-braquiária (<i>Brachiaria decumbens</i>)	16
1.5.4.1. Principais características da planta	16

1.5.4.2. A interferência na cana-de-açúcar	16
1.6. Objetivos	17
1.7. Referências	17
CAPÍTULO 2 – GERMINAÇÃO DAS SEMENTES DE <i>Sida rhombifolia</i> E <i>Brachiaria decumbens</i> INFLUENCIADA POR FLEGMAÇA, ÓLEO DE FÚSEL E VINHAÇA	
RESUMO	23
2.1. Introdução	24
2.2. Material e Métodos	25
2.3. Resultados e Discussão	28
2.4. Conclusões	34
2.5. Referências	35
CAPÍTULO 3 – ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR E PLANTAS DANINHAS EM CASA DE VEGETAÇÃO INFLUENCIADOS POR FLEGMAÇA, ÓLEO DE FÚSEL E VINHAÇA.....	
RESUMO	38
3.1. Introdução	39
3.2. Material e Métodos	40
3.2.1. Local	40
3.2.2. Obtenção de mini-toletes de cana-de-açúcar	40
3.2.3. Obtenção das sementes de plantas daninhas	41
3.2.4. Características e propriedades do solo	41
3.2.5. Caracterização dos subprodutos testados	42
3.2.6. Instalação e condução do experimento	43
3.2.7. Delineamento experimental e tratamentos	44
3.2.8. Variáveis analisadas	45
3.3. Resultados e Discussão	46
3.3.1. Cana-de-açúcar	46
3.3.2. Plantas daninhas	60

3.3.2.1. <i>Sida rhombifolia</i> L. (guanxuma)	60
3.3.2.2. <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf. (capim-braquiária)	62
3.3.3. Fertilidade do solo	70
3.4. Conclusões	76
3.5. Referências.....	76

INFLUÊNCIA DE SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA ALCOOLEIRA NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E EM PLANTAS DE CANA-DE-AÇÚCAR, GUANXUMA E CAPIM-BRAQUIÁRIA

RESUMO – Este trabalho objetivou avaliar, em condições de laboratório, a germinação de sementes *Sida rhombifolia* L. e *Brachiaria decumbens* Stapf. e, em casa de vegetação, a emergência destas duas espécies e o desenvolvimento de plantas de cana-de-açúcar, submetidas à aplicação de flegmaça, óleo de fúsel e vinhaça, nas concentrações 12,50; 25,0; 50,0 e 100,0% (v/v). No laboratório, as concentrações dos subprodutos foram aplicadas em 100 sementes de cada espécie. Na casa de vegetação, as concentrações dos subprodutos foram aplicadas no solo sobre as plantas de cana-de-açúcar e 100 sementes de cada planta daninha. Os tratamentos foram resultantes da combinação entre os subprodutos, concentrações e uma testemunha. No laboratório, as sementes de *Sida rhombifolia* submetidas ao óleo de fúsel não germinaram e apresentaram redução na viabilidade nas maiores concentrações, enquanto que as sementes de *Brachiaria decumbens* não germinaram e apresentaram-se totalmente inviáveis. Na casa de vegetação, para cana-de-açúcar, a vinhaça e flegmaça não influenciaram o desenvolvimento, enquanto que a vinhaça aumentou o acúmulo de fósforo e potássio. O óleo de fúsel levou à morte as plantas de cana-de-açúcar. A aplicação de vinhaça reduziu a emergência de *Sida rhombifolia* (20 aos 40 DAT); e vinhaça e flegmaça diminuíram a porcentagem de emergência de *Brachiaria decumbens* (20 DAT). No solo, a vinhaça aumentou potássio e pH, a flegmaça e o óleo aumentaram os teores de cálcio e acidez potencial, enquanto que o óleo de fúsel elevou os teores de alumínio.

Palavras-Chave: Plantas daninhas, resíduos

SUGARCANE, ARROWLEAF SIDA, BRACHIARIA GRASS AND SOIL CHEMICAL PROPERTIES INFLUENCED BY ALCOHOL INDUSTRY BY-PRODUCTS

SUMMARY - This research aimed to evaluate under laboratory conditions, the *Sida rhombifolia* and *Brachiaria decumbens* seeds germination and at greenhouse, the emergence of these two species and the sugarcane development, submitted to the flegmass, fusel oil and vinasse application, in 12.5; 25.0; 50.0 and 100.0% (v/v) levels. In laboratory, the by-products levels were applied in 100 seeds of each species. In greenhouse, the by-products levels were applied in the soil on the sugarcane and 100 seeds of each species. The treatments were resultants of the combination between the by-products, levels and control. In laboratory, the *Sida rhombifolia* seeds submitted to the fusel oil didn't germinate and presented viability reduction in the largest levels, while the *Brachiaria decumbens* seeds didn't germinate and became totally unviable. In greenhouse, the vinasse and flegmass didn't influence the sugarcane development, while the vinasse increased the absorption of phosphorus and potassium. The fusel oil took to the death the sugarcane. The vinasse application reduced the *Sida rhombifolia* emergence (20 to 40 DAT) and vinasse and flegmass reduced the *Brachiaria decumbens* emergence percentage (20 DAT). In soil, the vinasse increased potassium contents and pH; the flegmaça and the fusel oil increased the calcium contents and H+Al, while the fusel oil elevated the aluminium contents.

Keywords: Residues, weeds

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1. A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

1.1.1. Introdução

A cana-de-açúcar teve sua origem provavelmente na Nova Guiné, de onde foi levada para a Índia, onde se tem os mais antigos registros de sua existência (MACHADO, 2001). Oficialmente, foi Martins Afonso de Souza que em 1532 trouxe a primeira muda de cana ao Brasil e iniciou seu cultivo na Capitania de São Vicente. Este foi o início de uma indústria que encontrou no Brasil, dentre todas as nações que mais tarde tomaram-se produtoras, seu campo mais fértil para uma rápida expansão e perpetuação por quase quinhentos anos sem interrupção.

A partir da década de 70, a cultura da cana-de-açúcar foi se tornando importante para o Brasil à medida em que o setor da agroindústria brasileira foi solicitado a contribuir para a solução da emergente crise energética, face a sua potencialidade de produção de energia a partir de fonte renovável (KUVA, 1999).

O crescimento do setor sucro-alcooleiro é importante para a economia do país, na medida em que implica na geração de empregos e energia renovável 100% nacional. De acordo com AGRIANUAL (2003) a produção de açúcar na safra 2002/03 deve ficar próxima de 22,5 milhões de toneladas e a de álcool chegar a 12,6 bilhões de litros. A baixa pluviosidade que atingiu Ribeirão Preto, a principal região produtora brasileira de cana-de-açúcar, no final de 2001 e durante todo o primeiro semestre de 2002, foi a grande responsável pela frustração das expectativas, quanto a safra recorde de 2002/03. A produção brasileira de cana-de-açúcar da safra 2003/04 deve voltar a

crescer, porém timidamente, se comparada a 2002/03. A razão é a dificuldade de obtenção de novas áreas para plantio no Centro-sul.

Na indústria sucro-alcooleira, como ocorre em qualquer outro processo industrial, a produção de resíduos e/ou subprodutos como vinhaça, flegmaça, óleo de fúsel, águas de lavagem, etc., é compulsória, o que torna a sua destinação uma questão em aberto.

A indústria do açúcar e do álcool brasileira é exemplo no que se refere ao reaproveitamento dos resíduos gerados. Alguns deles, como óleo de fúsel, por exemplo, têm valor comercial e são utilizados como matérias-primas de outros processos. Outros, como a vinhaça e/ou flegmaça, são empregados na própria cultura da cana-de-açúcar como fonte de água, matéria orgânica e nutrientes, numa operação denominada fertirrigação.

1.1.2. Origem da vinhaça, flegmaça e óleo de fúsel

No processo de produção do álcool, após os processos de lavagem e moagem da cana-de-açúcar e do peneiramento, tratamento, fermentação e centrifugação do caldo, o vinho delevurado (sem leveduras) é conduzido à destilação, objetivando a obtenção do álcool com estado de maior concentração e pureza.

Na primeira coluna chamada de coluna de destilação obtém-se um grande volume de efluente, designado como vinhaça ou vinhoto, que é utilizado como substituto da adubação mineral nos canaviais (Figura 1). A produção média deste subproduto é estimada em 13 litros para cada litro de álcool. No momento em que o resíduo sai da destilaria sua temperatura é elevada, mas durante sua condução ao campo, na maioria das vezes por tubulações, a temperatura é bastante reduzida. As tubulações conduzem a vinhaça até os reservatórios de estocagem, utilizados por algumas usinas para viabilizar sua distribuição. Esses reservatórios são construídos diretamente sobre o solo, a partir de escavações, tendo compactação da base e das paredes laterais, evitando a lixiviação até o lençol freático. Essas estruturas, geralmente

são construídas num raio de 10-15 km da usina, maximizando a viabilidade econômica da aplicação.

Na segunda coluna, chamada de coluna de retificação, obtém-se o álcool hidratado (96° GL) tendo a flegmaça e o óleo de fúsel como subprodutos (Figura 1). A flegmaça, produzida na proporção de 2,8 litros para cada litro de álcool produzido, é adicionada à vinhaça e aplicada nos canaviais. O óleo de fúsel, produzido na proporção de 2,5 litros para cada 1000 litros de álcool produzido, é comercializado para indústrias químicas, como matéria-prima para elaboração de outros produtos. Seguindo o esquema da Figura 1, na terceira coluna chamada de coluna de desidratação obtém-se o álcool desidratado (99,6° GL).

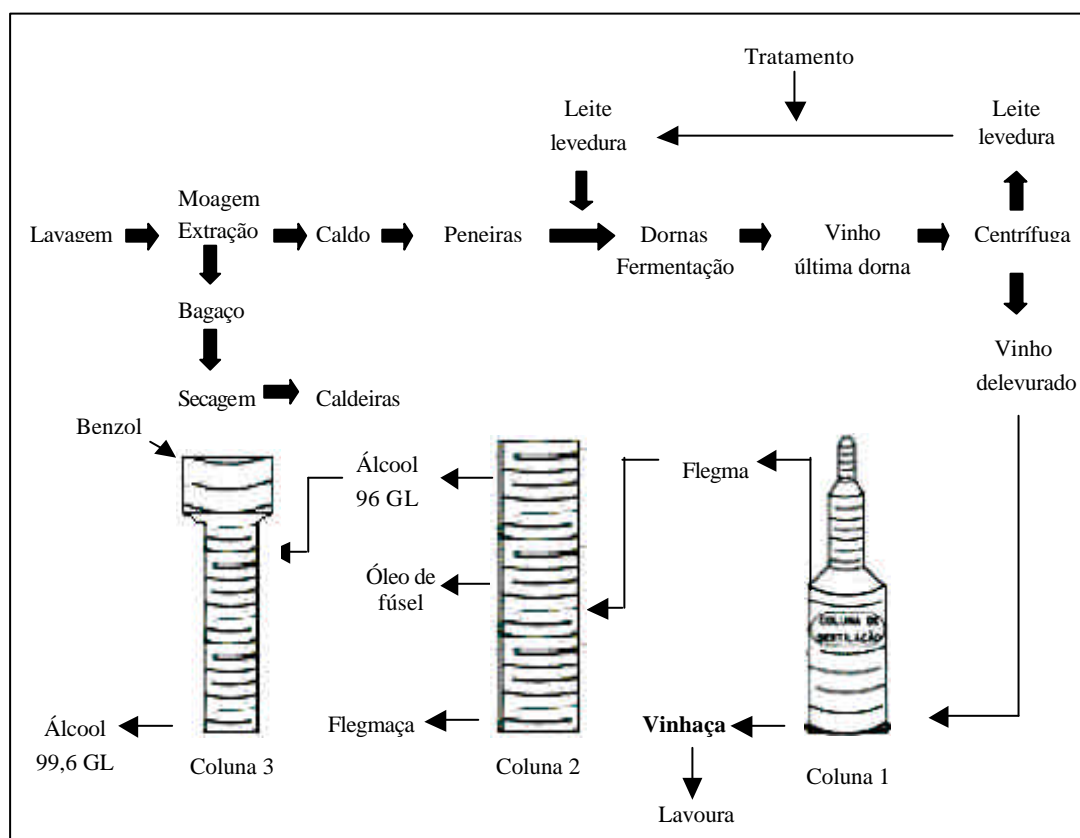


Figura 1. Esquema da obtenção de vinhaça, flegmaça e óleo de fúsel em usina do setor sucroalcooleiro. Jaboticabal, 2003.

1.2. VINHAÇA

1.2.1. Introdução

A vinhaça, também conhecida como vinhoto ou restilo, é o principal efluente, resíduo ou subproduto da destilação do álcool da cana-de-açúcar nas usinas. Esse resíduo, devido ao alto conteúdo de matéria orgânica, apresenta elevado índice de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), sendo poluente quando descartado em cursos de água (CENTURION & DERÍSIO, 1993). Entretanto, atualmente a vinhaça, quando utilizada corretamente, não é mais um resíduo prejudicial ao meio ambiente, devido ao aproveitamento como fonte rica de nutrientes, especialmente de potássio, e as usinas estarem utilizando no processo de fertirrigação, em parte de seus canaviais, em substituição total ou parcial da adubação mineral.

1.2.2. Composição

A composição química da vinhaça é bastante variável, dependendo do tipo de mosto adotado no processo industrial de obtenção do álcool nas usinas (ORLANDO FILHO et al., 1983). Para todos os tipos de mosto o K, Ca e S são os nutrientes com maior frequência de ocorrência. Entretanto, as quantidades desses nutrientes são maiores para mosto de melaço misto e de caldo, respectivamente. Além desses nutrientes o Mg, P e N também estão presentes na composição, embora em menores quantidades (Tabela 1).

1.2.3. Aproveitamento

De acordo com SILVA & SILVA (1986), em 1975 o mundo mergulhou numa das maiores crises do petróleo, devido ao aumento do preço estabelecido pelos produtores

de petróleo. Diante dessa realidade, os governos foram forçados a adotarem racionamento de combustíveis e financiar linhas de crédito para pesquisas, de modo a descobrir fontes de energia renovável. Diante disso, o Brasil adotou um dos programas, em termos de energia renovável, mais viáveis do mundo, o PROÁLCOOL.

Com o advento deste programa houve uma expansão da indústria alcooleira do país, tendo a produção de álcool aumentada. A vinhaça poderia tornar-se um sério poluente ambiental e muitas possibilidades de aproveitamento foram propostas e estudadas, mas a técnica do uso da vinhaça como fertirrigação foi a que mais se destacou. O principal motivo para o descarte das outras formas de uso da vinhaça foi o alto custo tecnológico (Tabela 2). A aplicação da vinhaça tem sido realizada de várias maneiras, tais como: montagem direta, aspersão convencional, autopropelido, sulcos de infiltração e com veículos tanque (MATIOLLI et al, 1988). As diferentes formas de aplicação de vinhaça podem ser observadas pela Figura 2.

1.2.4. Quantidade utilizada

As quantidades para aplicação da vinhaça variam em função do tipo e da fertilidade do solo e da origem da vinhaça (mosto de melaço, caldo, misto). Considerando diferentes tipos de solos, as quantidades aceitáveis para aplicação, no Brasil, encontram-se entre 50-150 m³ ha⁻¹. Nutricionalmente, a vinhaça é um material pouco balanceado (teor elevado de K, médio de N e baixo de P); entretanto, recomenda-se considerar a análise de solo, a cultivar de cana e o tipo de solo para calcular a quantidade a ser aplicada por unidade de área (CENTURIÓN & DERÍSIO, 1993). Concentrações elevadas proporcionam efeitos indesejáveis, como a menor qualidade da cana para produção de açúcar e poluição do lençol freático. Em solos com teores elevados de potássio, cálcio, magnésio, sódio, recomenda-se evitar a aplicação de vinhaça, pois os sais do resíduo poderão levar à condição de solo salino (FERREIRA & MONTEIRO, 1987).

1.2.5. Efeitos no solo

A vinhaça aplicada através da fertirrigação proporciona mudanças químicas, físicas e biológicas no solo.

Tabela 1. Composição química média da vinhaça de diferentes tipos de mosto.

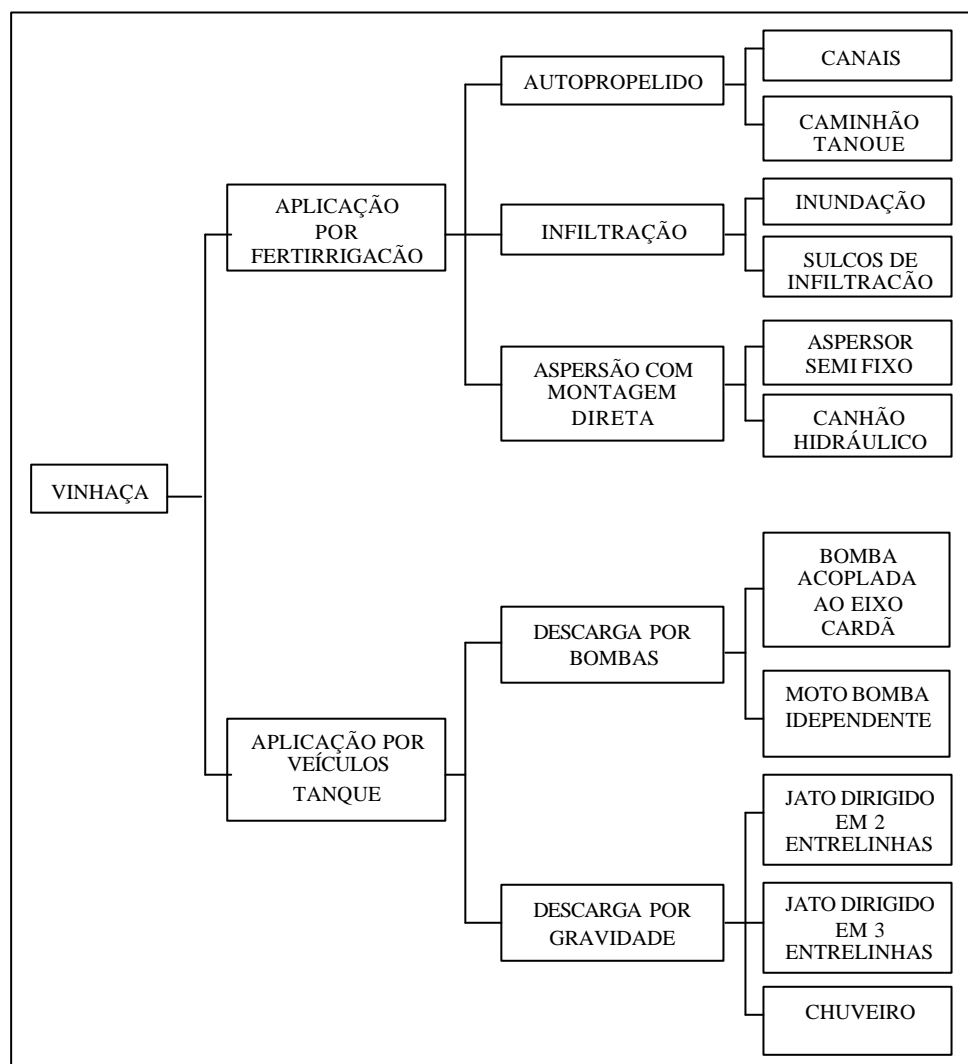
Componentes	Mosto (kg m ⁻³ vinhaça)		
	Melaço	Misto	Caldo
N	0,7-0,8	0,3-0,5	0,2-0,4
P ₂ O ₅	0,1-0,4	0,1-0,8	0,1-0,5
K ₂ O	3,5-7,6	2,1-3,4	1,1-2,0
CaO	1,8-2,4	0,6-1,5	0,1-0,8
MgO	0,8-1,4	0,3-0,6	0,2-0,4
SO ₄	1,5	1,6	2,0
M.O.	37,3-56,0	19,1-45,1	15,3-34,7
pH	4,0-4,5	3,5-4,5	3,5-4,0

Fonte: PENATTI et al. (1988)

Tabela 2. Vantagens e desvantagens do uso potencial da vinhaça.

Processo/Produção final	Vantagens	Desvantagens
- Fertirrigação	Método mais barato; Fácil de ser adotado	Torna-se caro para transporte; Efeito de longo prazo desconhecido
- Ração animal	Barato; Fácil de ser adotado	Não é pesquisado
- Biodigestão/Biogás	Produção de energia útil; Redução da DBO; Efluente é fertilizante	Caro; alta tecnologia
- Combustão em Caldeiras	Disposição completa; Produção energia útil; Recuperação do potássio nas cinzas	Não é pesquisado, teste em pequena escala
- Produção de Proteínas	Alimento; Não deixa resíduos;	Caro; não é pesquisado

Fonte: CORTEZ et al. (1992)



Fonte: adaptado de GLORIA & ORLANDO FILHO (1983)

Figura 2. Representação esquemática das diferentes opções de uso agrícola da vinhaça. Jaboticabal, 2003.

Mudanças químicas: ocorre aumento de pH, CTC, teores de nutrientes, principalmente K, Ca, S e Mg. A vinhaça (material orgânico) no solo proporciona aumento na atividade microbiana, que libera lentamente CO₂, diminuindo as concentrações de O₂ (anaerobiose) e propiciando um ambiente redutor, temporariamente. Nessas condições as formas NO₃ e NO₂ retiram hidrogênio (H⁺), oriundo da degradação da vinhaça (composto orgânico), no solo, aumentando o pH e, conseqüentemente, diminuindo a concentração de alumínio (LEAL et al., 1983).

Segundo GLÓRIA & ORLANDO FILHO (1983), os teores de nutrientes aumentam no solo tratado com vinhaça devido a composição da mesma (ação direta) e pela disponibilidade dos nutrientes em função do aumento de pH (ação indireta). Quanto à CTC, seu aumento se deve às características coloidais da matéria orgânica contida na vinhaça, conferindo ao solo maior quantidade de cargas negativas, diminuindo a lixiviação de cátions.

Mudanças físicas: a aplicação de vinhaça no solo promove incremento de matéria orgânica, proporcionando melhor estruturação (o húmus age como agente cimentante das partículas do solo, formando agregados estáveis), favorecendo a circulação de água e ar, reduzindo a erosão. A matéria orgânica interfere na consistência, permeabilidade e cor, reduzindo a plasticidade e coesão do solo, favorecendo as operações de seu preparo (FERREIRA & MONTEIRO, 1987). A melhoria da estrutura física do solo pode ocorrer através da ação direta da vinhaça, aglutinando as partículas do solo e melhorando sua porosidade, ou através da ação indireta, pela ativação da vida microbiológica dos solos (GLÓRIA & ORLANDO FILHO, 1983).

Mudanças biológicas: como já mencionado, o uso da vinhaça proporciona aumento da atividade microbiana existente no solo, favorecendo a decomposição da vinhaça (compostos orgânicos) e proporcionando efeitos físicos e químicos favoráveis. Entretanto, a variação do pH é a característica mais alterada pela adição da vinhaça, devido a ação dos fungos sobre a matéria orgânica. Esses decompõem a vinhaça

parcialmente e diminuem a acidez do solo, preparando o campo para outras bactérias que completam o ciclo de decomposição da vinhaça (matéria orgânica), proporcionando aumento da população de outros microrganismos (FERREIRA & MONTEIRO, 1987).

1.2.6. Efeitos na planta

As melhorias químicas, físicas e biológicas no solo, proporcionadas pela vinhaça, aumentam a produtividade de cana-de-açúcar, substituindo total ou parcialmente a adubação mineral (STUPIELLO et al., 1977; MAGRO & GLORIA, 1977).

A planta de cana-de-açúcar tratada com vinhaça apresenta aumento no período de crescimento vegetativo, atraso na maturação, aumento no teor de cinzas e diminuição no teor de sacarose. O menor percentual de sacarose, na planta, é compensado pelo aumento da produção, e com um maior número de plantas ha⁻¹, a variação de pol ou sacarose ha⁻¹ fica pouco comprometida (FERREIRA & MONTEIRO, 1987).

1.3. FLEGMAÇA

1.3.1. Introdução

A flegmaça também é um subproduto obtido no processo de destilação do álcool, mais propriamente na coluna de retificação do flegma (Figura 1). Esse subproduto é pouco pesquisado, principalmente quanto ao seu uso no meio agrícola, e possui uma literatura muito escassa. Segundo ZARPELON (1982) a flegmaça é a soma do resíduo de água do flegma mais o vapor condensado na coluna de retificação, sendo produzido em média 2,38L de flegmaça para cada litro de álcool.

Na prática, a flegmaça é conhecida como uma solução aquosa com poucos traços de álcool, ou seja, é uma água resultante do flegma. A quantidade de álcool

existente na flegmaça depende da eficiência dos equipamentos instalados nas colunas de destilação e de retificação, podendo encontrar na flegmaça perdas entre 0,3 a 0,5L de álcool para cada 1000L de álcool hidratado produzido (CODISTIL, 1983). Considerando que uma unidade produtora comercializa milhões de litros de álcool/safra, as perdas podem ser significativas.

Esse subproduto em maior ou menor quantidade, embora não se conhecendo seus efeitos específicos sobre as propriedades do solo e sobre o desenvolvimento das plantas, é usualmente adicionado à vinhaça obtida na coluna de destilação (Figura 1) e aplicados ao campo como substitutos da adubação mineral.

1.4. ÓLEO DE FÚSEL

1.4.1. Introdução

O óleo de fúsel é obtido na mesma coluna da flegmaça, ou seja, coluna de retificação do flegma (Figura 1). Esse subproduto também possui escassa literatura, principalmente quanto ao seu uso na agricultura. Na prática, é incorporado dentro do grupo das impurezas voláteis (conhecidas como óleos leves), de cor amarelada e odor desagradável, sendo que geralmente as usinas vendem o subproduto para indústrias de cosméticos e outras indústrias químicas.

1.4.2. Constituintes e uso

Segundo NASCIMENTO et al. (2003), para cada 1000L de etanol produzidos, cerca de 2,5L são de óleo de fúsel, sendo o álcool isoamílico o constituinte de maior valor comercial. Considerando-se a previsão de 12,6 bilhões de litros de álcool na safra de 2003 (AGRIANUAL, 2003), chega-se a uma previsão de 31,5 milhões de litros de óleo de fúsel no mercado brasileiro.

NASCIMENTO et al. (2003) também comentaram que esse subproduto, devido ter baixo valor comercial e ser uma fonte rica de álcool isoamílico, é explorado por indústrias químicas como reagentes em sínteses orgânicas ou como solventes em extração de compostos farmacológicos, como os ésteres. Esses, após serem devidamente processados, são empregados na preparação de ésteres aromáticos usados pelas indústrias de perfumes e de cosméticos de beleza. Além do álcool isoamílico pode-se encontrar no óleo de fúsel outros componentes como o sec-butanol, ésteres, alcanos e terpenos que poderiam ser utilizados no preparo de sabores artificiais ou aromatizantes. Pela Tabela 3 pode-se observar as concentrações médias dos principais compostos do óleo de fúsel, coletado em três usinas do Estado de São Paulo, em três épocas diferentes de uma mesma safra (PÉREZ et al., 2001).

Tabela 3. Porcentagens dos álcoois majoritários nas amostras de óleo de fúsel analisadas.

Compostos	Concentração média (g L ⁻¹)	OF-1 (812 g L ⁻¹)	OF-2 (786 g L ⁻¹)	OF-3 (788 g L ⁻¹)
Álcool metílico	16,6	3,3%	2,3%	0,7%
Álcool etílico	28,4	5,7%	1,5%	3,3%
Álcool n-propílico	11,9	1,8%	0,8%	1,8%
Álcool isobutílico	158	16,4%	17,8%	25,5%
Álcool isoamílico	390	46,8%	46,6%	54,0%
Totais	705	74,0%	69,0%	85,3%

Fonte: PÉREZ et al. (2001). OF-1, OF-2, OF-3 –Expressam valores percentuais médios dos compostos do óleo de fúsel coletados em períodos diferentes de uma mesma safra em três unidades produtoras.

Como pode-se observar pela Tabela 3, a quantidade dos componentes do óleo de fúsel é bastante variável entre as unidades produtoras. Segundo RASOVSKY (1973) a composição do óleo de fúsel é relativa à matéria-prima utilizada na fermentação, dependendo mais do tipo de processo da fermentação, destilação e decantação do que propriamente dos óleos.

O óleo de fúsel é um dos únicos subprodutos da agroindústria sucroalcooleira que não é reaproveitado no campo ou na própria indústria. Esse fato restringe as

unidades produtoras a venderem o óleo de fúsel como matéria-prima, por um baixo valor comercial, principalmente para indústrias químicas. Entretanto, segundo PÉREZ (2001), o baixo valor comercial do óleo de fúsel (cerca de R\$0,30/L) associado a seu alto volume de produção por safra são fatores que devem estimular propostas de desenvolvimento de tecnologia para sua exploração. Nesse sentido, torna-se interessante pesquisar a potencialidade agrônômica de seu uso na agricultura, que é totalmente desconhecido e com falta de literatura.

Segundo GLÓRIA (1992), sendo um resíduo cujos efeitos no solo e nas culturas não são ainda perfeitamente conhecidos, é necessário o estudo específico, adicionando-se doses do resíduo e aferindo-se seus efeitos. Mediante este quadro, surgiu a idéia de se trabalhar com diferentes concentrações dos três resíduos, aplicados em cana-de-açúcar e em duas espécies de plantas daninhas.

1.5. PLANTAS DANINHAS

1.5.1. Introdução

As plantas daninhas são plantas indesejáveis e agressivas que competem de maneira desigual com as culturas por luz, água, espaço e nutrientes. Segundo LORENZI (2000), planta daninha é qualquer ser vegetal que cresce onde não é desejado e compete com as culturas, interferindo em seu desenvolvimento e produção final. As plantas daninhas, além da competição por vários elementos com as culturas, são hospedeiras de pragas e doenças, que podem prejudicar as plantas cultivadas. Adicionalmente, quando se desenvolvem no final do ciclo da cultura prejudicam o rendimento da colheita e podem depreciar a qualidade do produto colhido, como por exemplo, no fato da existência de sementes das plantas daninhas em meio de grãos ou aderidas ao algodão.

1.5.2. A matoinfestação na cultura da cana-de-açúcar

Dentre os principais problemas no setor agrícola, destaca-se a questão da matoinfestação, que interfere diretamente no desenvolvimento e produção da cana-de-açúcar. Segundo KUVA (1999), a partir do momento em que a planta daninha germina e inicia seu desenvolvimento ela passa a concorrer, no mesmo espaço, por água e luz, com a cultura, podendo liberar substâncias alelopáticas e assim inibir a brotação da cana-de-açúcar, e ainda, interferir na produtividade final. As plantas daninhas também podem interferir na nutrição da cana-de-açúcar, diminuindo a absorção dos nutrientes N, P, Ca, Mg, Fe e Zn, desde que submetidas a uma competição permanente com as plantas daninhas (BLANCO et al., 1981a).

AZZI & FERNANDES (1968) constataram que o período mais crítico de convivência entre a comunidade infestante e a cana-de-açúcar, em condição de Estado de São Paulo, estende-se entre o terceiro e o quarto mês após o plantio, sendo mais crítico o terceiro mês.

Para AREVALO et al. (1977) o período crítico inicia-se a partir dos 60 dias e estende-se até aos 120 dias do começo da brotação da cana-planta. BLANCO (1981) constatou que o período crítico da cana-planta está compreendido entre o 18º até o 66º dia após a emergência da cultura, posto que quando controlaram as plantas daninhas nesse período obtiveram produção máxima. ROLIM & CHRISTOFFOLETI (1982), trabalhando com cana-planta de ano, verificaram que a competição de uma comunidade infestante composta principalmente por *Brachiaria plantaginea* e *Digitaria sanguinalis*, passou a ser crítica à cultura a partir dos 30 dias após o plantio, sendo que não observaram efeitos prejudiciais à cultura quando mantiveram-na por 90 dias, sem competição.

Os efeitos da matoinfestação durante todo ciclo da cultura foram estudados por GRACIANO & RAMALHO (1983) que observaram perdas de 83,1% na produção agrícola e 83,6% na Pol/ha, em relação à cultura capinada. Quando a competição ocorreu no período crítico da cultura, as perdas atingiram 30,9 e 33,1% para produção agrícola e Pol/ha, respectivamente. No trabalho de ROLIM & CHRISTOFFOLETI (1982)

foram observadas perdas de 85,5% na produção agrícola quando não se controlou a infestação de plantas daninhas. COLETI et al. (1984) observaram perdas de até 23 t/ha, quando abandonaram a cultura à livre ocorrência de plantas daninhas. BLANCO et al. (1984) verificaram que uma densidade de 32 indivíduos/m² de uma comunidade infestante composta por gramíneas e dicotiledôneas, causou 26,7% de queda na produtividade agrícola, mas não alterou os teores de Fibra e os valores de Brix, Pol, Pureza e Açúcares Redutores no caldo.

Em pesquisa mais recente, KUVA et al. (2001) constataram que mesmo com deficiência hídrica, uma população de *Brachiaria decumbens* proporcionou intensa interferência na cultura da cana-de-açúcar, ocasionando 82% de redução na produtividade dos colmos. A cultura pôde conviver com a comunidade infestante até 89 dias após o plantio, sem sofrer redução significativa na produtividade. O período mínimo de controle para assegurar máxima produtividade, foi de 138 dias após o plantio.

1.5.3. Guanxuma (*Sida rhombifolia* L.)

1.5.3.1. Principais características da planta

Sida rhombifolia, popularmente conhecida como guanxuma, guaxuma, guaxima, guanxuma-preta, malva-preta, relógio ou vassourinha é uma planta perene, mas em áreas agrícolas de culturas anuais, o constante preparo de solo destroem as plantas, que passam a propagar-se apenas por sementes, sugerindo que a planta seja anual. As plantas de *Sida rhombifolia* que são mecanicamente danificadas possuem boa capacidade de rebrotamento, indicando que a eliminação das plantas somente é possível quando arrancadas. A maioria das sementes ingeridas por animais passam pelo trato digestivo sem danos ao embrião, e as fezes com as sementes viáveis infestam normalmente as áreas próximas aos currais. Essas plantas toleram sombreamento e solos fracos e ácidos, mas com a correção e adubação do solo nas

áreas agrícolas as plantas se beneficiam, chegando até 1,50m de altura (KISSMANN & GROTH, 2000).

Sida rhombifolia é nativa do Continente Americano, ocorrendo intensamente na América do Sul e com menor intensidade no Sul dos Estados Unidos. No Brasil, é mencionada a ocorrência das variedades *typica* (K. Schum) e *canariensis* (Willd.) Griseb. em todo território, principalmente na Região Sul. A principal diferença entre essas variedades está no formato das folhas das plantas novas, que na variedade *canariensis* são menores e mais elípticas (KISSMANN & GROTH, 2000).

1.5.3.2. A interferência na cana-de-açúcar

As plantas de *Sida rhombifolia* não são agressivas como *Brachiaria decumbens* porque se reproduzem apenas por sementes. SMITH et al. (1992) comentaram que nos Estados Unidos essa espécie não representava problemas com a infestação nas áreas agrícolas, devido ao sistema convencional de preparo de solo, que destruía as plantas adultas. Entretanto, com o surgimento de técnicas de plantio direto ou preparo reduzido de solo, essas plantas foram ganhando características perenes e tornando-se uma problemática infestante naquela região.

No Brasil, KISSMANN & GROTH (2000) comentaram que em áreas de plantio direto, os problemas com guaxuma aumentaram devido às plantas escaparem do trabalho mecânico e, quando perenes, tornaram-se fibrosas e prejudicaram a colheita mecânica. Em cana-de-açúcar, o intenso tráfego de máquinas sobre o canavial colaborava, de certo modo, com o controle de infestação por *Sida*. Entretanto, com o aumento das áreas implantadas com o sistema de cana-crua, o tráfego de máquinas diminuiu sobre o canavial e as diversas espécies de *Sida* podem tornar-se perenes e mais agressivas na competição com a cana-de-açúcar, prejudicando a colheita mecânica.

1.5.4. Capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.)

1.5.4.1. Principais características da planta

Brachiaria decumbens popularmente conhecida como capim-braquiária é uma planta perene reproduzida por sementes ou vegetativamente, originária da África do Sul e Oriental, cuja difusão pelo mundo atribui-se às suas excelentes características para formação de pastagens (KISSMANN, 1997). Segundo BIANCO et al. (2000) esta espécie vem se constituindo em uma das principais plantas daninhas em várias culturas, cujas áreas estão sendo freqüentemente submetidas a correção de acidez e fertilidade.

1.5.4.2. A interferência na cana-de-açúcar

Com a expansão da cultura da cana-de-açúcar para áreas anteriormente ocupadas por pastagens, *B. decumbens* transformou-se em uma séria invasora nos canaviais, principalmente em função de sua alta agressividade vegetativa e reprodutiva, que proporcionam difícil controle (BRAZ & DURIGAN, 1992). Na prática, *B. decumbens*, além de influenciar a produção de colmos, também é de difícil controle por técnicas isoladas, exigindo medidas integradas de manejo (CHRISTOFFOLETI, et al., 1995).

A cana-de-açúcar cultivada em áreas infestadas com *B. decumbens* tem decréscimos significativos na sua produtividade, porque essas plantas são altamente agressivas, causando grande interferência na cultura (CORBINI, 1987 e CHRISTOFFOLETI, et al., 1995). Segundo LORENZI (1983), essa planta daninha pode reduzir a longevidade do canavial para 2 ou 3 cortes econômicos, com uma baixa produtividade de cana-de-açúcar, em níveis crescentes de infestação.

1.6. OBJETIVOS

Na literatura verifica-se que nem todos os subprodutos de agroindústrias tem potencial para aumentar a fertilidade dos solos, mas nem por isso deixam de ter utilidade. Estudos complementares sobre a utilização racional de resíduos na agricultura são fundamentais para minimizar o problema das grandes quantidades geradas pela atividade industrial.

Considerando-se que as informações existentes com o aproveitamento de subprodutos/resíduos de agroindústrias são mais abundantes em culturas como a cana-de-açúcar, e raras em plantas daninhas, esta pesquisa objetivou avaliar, inicialmente, em condições de laboratório a germinação das sementes de *Sida rhombifolia* L. e *Brachiaria decumbens* Stapf. submetidas à aplicação de vinhaça, flegmaça e óleo de fúsel. Em casa de vegetação, foi avaliado o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar, e das mesmas espécies daninhas, cultivadas simultaneamente em vasos, submetidas à aplicação dos mesmos subprodutos.

1.7. REFERÊNCIAS

AGRIANUAL 2003: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2003. p.272-284.

AREVALO, R. A.; CERRIZUELA, E.; ALOJEA, I. L. Recent advances in weed competition studies in sugarcane in Argentina. In: CONGRESS INTERNATIONAL SOCIETY SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 16., 1977, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: [s. n.], 1977. v.2, p.1227-1238.

AZZI, G. M.; FERNANDES, J. Competição de ervas daninhas no período inicial de desenvolvimento da cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.72, n.3, p.9-19, 1968.

BIANCO, S. et al. Produção de matéria seca e marcha de absorção de macronutrientes por plantas de capim-braquiária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22. 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Londrina, PR: SBCPD, 2000. p.69.

BLANCO, H. G. A importância do controle do mato para a cana-de-açúcar. **Agroquímica Ciba-Geigy**, n.15, p.17-21, 1981.

BLANCO, H. G.; BARBOSA, J. C.; OLIVEIRA, D. A. Competição entre plantas daninhas e a cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). IV. Período de competição produzido por uma comunidade natural de mato em cultura de ano e meio. **Biológico**, São Paulo, v.50, n.10, p.237-245, 1984.

BLANCO, H. G.; OLIVEIRA, D. A.; COLETI, J. T. Competição entre plantas daninhas e a cultura da cana-de-açúcar. II. Período de competição produzido por uma comunidade natural de mato, com predomínio de gramíneas, em cultura de ano. III – Influência da competição na nutrição da cana-de-açúcar. **Biológico**, São Paulo, v. 47, n.3, p.77-88, 1981a.

BRAZ, B. A.; DURIGAN, J. C. Eficiência biológica de herbicidas aplicados em pós-emergência isolados ou em misturas, para o controle de *Brachiaria decumbens* Stapf, na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). **Stab**: açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, v. 10, n.5, p.15-22, 1992.

CENTURIÓN, R. E. B.; DERÍSIO, J. C. Evolução do controle da poluição das indústrias sucro-alcooleiras no Estado de São Paulo. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v.12, n.68, p. 24-35, 1993.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; GODOY, O. P.; VICTORIA FILHO, R. Controle de *Brachiaria decumbens* (Stapf) e de *Cyperus rotundus* (L.) em área de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) através da técnica de rotação com amendoim (*Arachis hypogaea* L.) integrada ao uso de herbicidas. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.70, n.3, p.325-340, 1995.

CODISTIL. Inovações: Flegstil. **Stab:** açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, v.1, n.6, p.57-58, 1983.

COLETI, J. T.; RODRIGUES, J. C. S.; GIACOMINI, G. M. Influência da época de controle da matoinfestação na produtividade da cana-de-açúcar, ciclo de 18 meses. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v.4, n.18, p. 26-36, 1984.

CORBINI, J. L. Operações agrícolas em tratos culturais. In: PARANHOS. S.B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.2, p.333-359.

CORTEZ, L.; MAGALHÃES, P.; HAPPI, J. Principais subprodutos da agroind ustria canavieira e sua valorização. **Revista Brasileira de Energia**, v.2, n.2, 1992.

FERREIRA, E. S.; MONTEIRO, A. O. **Efeitos da aplicação da vinhaça nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo**. São Paulo: COPERSUCAR, 1987. p. 3-7 (Boletim Técnico Copersucar, 36).

GLORIA, N. A. da; ORLANDO FILHO, J. Aplicação da vinhaça como fertilizante. **Boletim Técnico Planalsucar**, v.5, n.1, p.1-38, 1983.

GLORIA, N. A. da. **Uso Agronômico de resíduos**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20. 1992, Piracicaba: Esalq/USP, 1992. p.1-17.

GRACIANO, P. A.; RAMALHO, J. F. G. P. Efeito da matoinfestação na cultura da cana-de-a ugar. **Stab**: a ugar, álcool e subprodutos, Piracicaba, v.1, n.5, p.22-24, 1983.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF Brasileira, 1997.v.1, p. 393-401.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF Brasileira, 2000. v.3, p.159-162.

KUVA, M. A. **Efeitos de períodos de controle e de convivência das plantas daninhas na cultura da cana-de-a ugar (*Saccharum* sp) no Estado de São Paulo**. 1999. 74f. Disserta o (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

KUVA, M.A.; GRAVENA, R.; PITELLI, R.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; ALVES, P.L.C.A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-a ugar. II – Capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Viçosa, v.19, n.3, p.323-330, 2001.

LEAL, J.R. et al. Potencial redox e pH: varia es em um solo tratado com vinhaça. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, p.257-261, 1983.

LORENZI, H. Plantas daninhas e seu controle na cultura da cana-de-a ugar. In: REUNIÃO TÉCNICA AGRONÔMICA COPERSUCAR: pragas da cultura da cana-de-a ugar. COPERSUCAR, p.59-73, 1983.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 379 p.

MACHADO, F.B.P. **Brasil, a doce terra** Disponível em: <<http://www.canaweb.com.br/conteudo/Historiadosetor.htm>>. Acesso em: 9 fev. 2001.

MAGRO, J. A.; GLORIA, N. A. Adubação de soqueira de cana-de-açúcar com vinhaça, complementação com nitrogênio e fósforo. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.90, n.6, p.363-366, 1977.

MATIOLLI, C. S.; LAZO, M. E. P.; GUAZZELLI, M. A. N. Otimização de sistemas de aplicação de resíduos líquidos. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 1988, Piracicaba. **Anais...** v.4, p.159-168.

NASCIMENTO, E. A.; MORAIS, S. L.; CASTRO, A. M. de. **Análise dos constituintes do óleo fúsel**. Disponível em: <<http://www.destilariaslenzi.com.br>>. Acesso em 2 mar. 2003.

ORLANDO FILHO, J. et al. Efeito da aplicação prolongada da vinhaça nas propriedades químicas dos solos com cana-de-açúcar. **Stab: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v.1, n.6, p. 28-33, 1983.

PENATTI, C. P. et al. Recomendações de adubação para a cultura de cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 1988, Piracicaba. **Anais...** v.4, p.103-114.

PÉREZ, E. R.; CARDOSO, D. R.; FRANCO, D. W. Análise dos álcoois, ésteres e compostos carbonílicos em amostras de óleo fúsel. **Química Nova**, São Paulo, v.24, n.1, p.10-12, 2001.

RASOVSKY, E. M. **Álcool: destilarias**. Rio de Janeiro: Instituto do Açúcar e do Álcool, 1973. 384p. (Coleção Canaveira, 12).

ROLIM, J. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Período crítico de competição de plantas daninhas com cana-planta de ano. **Saccharum**, São Paulo, n.22, p.21-26, 1982.

SILVA, M.A. da; SILVA, G.L. da. Utilização agrícola da vinhaça e demais efluentes líquidos. **Álcool e Açúcar**, São Paulo, v.6, n.31, p.12-25, 1986.

SMITH, C. A.; SHAW, D. R.; NEWSON, L. J. Arrowleaf sida (*Sida rhombifolia*) and prickly sida (*Sida spinosa*): germination and emergence. **Weed Research**, Oxford, v.32, p.103-109, 1992.

STUPIELLO, J. P. et al. Efeitos da aplicação da vinhaça como fertilizante na qualidade de cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.90, n.3, p.185-194, 1977.

ZARPELON, F. Redução do volume de vinhoto. **Stab**: açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, nov/dez, p.28-35, 1982.

CAPÍTULO 2 – GERMINAÇÃO DAS SEMENTES DE *Sida rhombifolia* E *Brachiaria decumbens* INFLUENCIADAS POR FLEGMAÇA, ÓLEO DE FÚSEL E VINHAÇA

RESUMO - Este trabalho objetivou avaliar, em condições de laboratório, a germinação das sementes de *Sida rhombifolia* L. e *Brachiaria decumbens* Stapf. submetidas à aplicação de flegmaça, óleo de fúsel e vinhaça. Esses subprodutos nas concentrações de 12,5; 25,0; 50,0 e 100,0% (v/v) e as testemunhas (água com pH e osmolalidade corrigidos, em função da caracterização realizada nos subprodutos e suas diluições) foram aplicados diretamente em 100 sementes acondicionadas em caixas de plástico utilizando papel como substrato. Os delineamentos experimentais foram inteiramente casualizados e os resultados obtidos foram submetidos ao teste F para análise de variância. As sementes de *Sida rhombifolia* submetidas ao óleo de fúsel não germinaram e apresentaram redução na viabilidade principalmente nas maiores concentrações de aplicação. Entretanto, as sementes de *Brachiaria decumbens* submetidas a maior concentração de flegmaça apresentaram tendência de redução na viabilidade e no índice de velocidade de germinação (IVG). Na presença do óleo de fúsel as sementes de *Brachiaria decumbens* não germinaram e apresentaram-se totalmente inviáveis.

Palavras-chave: Plantas daninhas, subprodutos

2.1. Introdução

A produção de açúcar e álcool a partir de cana-de-açúcar gera uma série de subprodutos que permitem um aproveitamento total da matéria-prima, tornando a indústria brasileira do açúcar e do álcool um exemplo no que se refere ao reaproveitamento dos resíduos gerados.

O principal efluente das destilarias de álcool é a vinhaça, sendo produzida em média na proporção de 13:1 L de vinhaça e álcool, respectivamente. Considerando os nutrientes (principalmente o potássio) e matéria orgânica que apresenta, de acordo com GLÓRIA & ORLANDO FILHO (1984), sua utilização nas lavouras de cana-de-açúcar tem aumentado, em substituição parcial ou total da adubação mineral de parte dos canaviais.

A flegmaça, resíduo da retificação do flegma nas destilarias, segundo ZARPELON (1982), é uma água com traços de óleo de fúsel, sendo produzidos, em média, 2,8 L para cada litro de álcool. Quando juntada à vinhaça, pode ser usada na fertirrigação.

O óleo de fúsel é a fração menos volátil obtida durante a produção do álcool etílico. A produção média deste subproduto é estimada em 2,5 L para cada 1000 L de álcool. Mas considerando-se que anualmente no Brasil são produzidos aproximadamente 15 bilhões de litros de etanol, tem-se uma quantidade de 37,5 milhões de litros de óleo de fúsel no mercado (PEREZ et al., 2001). Entretanto, apesar de o óleo de fúsel constituir um dos principais subprodutos da redestilação do álcool, ainda não é devidamente aproveitado pelas usinas.

A maioria dos trabalhos encontrados com subprodutos da indústria sucroalcooleira aborda aspectos da influência do uso dos mesmos na fertilidade do solo e nutrição de culturas, com raras menções às plantas infestantes. BALBO Jr (1984), estudou os efeitos da vinhaça sobre a emergência e desenvolvimento inicial do fedegoso (*Cassia tora* L.) cultivado em vasos e concluiu que a vinhaça afetou negativamente a velocidade de emergência da planta. BUSS et al. (1978) testaram o

efeito da aplicação de vinhaça em mistura com herbicidas sobre a população de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar e constataram que os herbicidas não tiveram sua eficácia prejudicada quando aplicados com vinhaça.

Entretanto, torna-se interessante averiguar os efeitos dos demais subprodutos da indústria sucroalcooleira sobre diferentes plantas daninhas. Nesse sentido, AREVALO & BERTONCINI (1999), comentaram que *Brachiaria decumbens* está entre as piores plantas daninhas que infestam áreas com resíduos de colheita de cana-de-açúcar e *Sida rhombifolia* é uma das espécies que mais infestam o Estado de São Paulo (CARDOSO, 1990).

Na literatura verifica-se que nem todos os subprodutos de agroindústrias tem potencial para aumentar a fertilidade dos solos, mas nem por isso deixam de ter utilidade. Considerando-se as poucas informações sobre os efeitos de subprodutos/resíduos em plantas daninhas, esta pesquisa objetivou avaliar, em condições de laboratório a germinação das sementes de *Sida rhombifolia* L. e *Brachiaria decumbens* Stapf. submetidas à aplicação de flegmaça, óleo de fúsel e vinhaça.

2.2. Material e Métodos

O experimento foi instalado e conduzido no Laboratório de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas, Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal da Universidade Estadual Paulista (FCAVJ/UNESP).

Sementes de *Sida rhombifolia* L. (guanxuma) e *Brachiaria decumbens* Stapf. (capim-braquiária) foram adquiridas na Shokucho do Brasil Agrícola Ltda, sediada no município de Artur Nogueira, SP. Por ocasião da instalação do experimento, as sementes foram selecionadas visualmente por tamanho e aspecto, a seguir contadas, eliminando-se aquelas defeituosas ou carunchadas.

Caixas de plástico do tipo Gerbox foram utilizadas para acondicionar uma folha de papel germibox e, sobre este, foram postas sementes de guanxuma ou capim-braquiária, em número de 100, montando cinco repetições para cada tratamento. Sobre as sementes foram aplicados 10 mL de cada um dos subprodutos separadamente (vinhaça, flegmaça e óleo de fúsel), misturados com água, nas concentrações de 12,5; 25,0; 50,0 e 100,0%, após prévia agitação. A vinhaça foi analisada quanto à composição química e o óleo de fúsel e a flegmaça foram analisados por cromatografia gasosa.

Em função da caracterização prévia dos subprodutos, em suas diferentes concentrações, quanto à osmolalidade e pH (Tabela 1), verificou-se a necessidade de elaborar testemunhas adicionais para cada um dos subprodutos.

Tabela 1. Caracterização prévia de Osmolalidade e pH das amostras de vinhaça, flegmaça e óleo de fúsel à temperatura ambiente (25°C). Jaboticabal, 2003.

Subproduto	Osmolalidade ^{1/} (mmol kg ⁻¹)				pH ^{2/}			
	%				%			
	12,5	25,0	50,0	100,0	12,5	25,0	50,0	100,0
Vinhaça	71	83	157	210	4,75	4,68	4,63	4,57
Flegmaça	54	55	52	57	5,96	4,97	4,58	4,28
Óleo de fúsel	141	166	174	706	6,61	6,39	6,11	5,60

^{1/} determinada por osmômetro Wescor 5500. ^{2/} determinação realizada por aparelho medidor de pH.

Para as testemunhas envolvendo pH, foram preparadas soluções tomando-se como referência, os valores de leituras da Tabela 1. O preparo das soluções constou da utilização de água sob constante agitação, acrescida de hidróxido de sódio 0,01N ou ácido clorídrico 0,01N até a obtenção da leitura de pH desejada, realizada em peagâmetro. Entretanto, considerando os valores de pH para cada subproduto em todas as concentrações, optou-se por elaborar soluções com pH 4,5; 5,5 e 6,0 para vinhaça, flegmaça e óleo de fúsel, respectivamente.

No preparo das testemunhas envolvendo a osmolalidade, foram preparadas soluções com água e polietilenoglicol 6000 (PEG). Segundo VILLELA et al. (1991), o polietilenoglicol ($\text{HOCH}_2(\text{CH}_2\text{OCH}_2)_n\text{CH}_2\text{OH}$) é o soluto mais utilizado para o condicionamento osmótico, por ser quimicamente inerte e não tóxico às sementes. No preparo destas soluções foram dissolvidos PEG 6000 em 1 kg de água destilada (25°C) e após a total homogeneização, obtidas as leituras em osmômetro (Wescor 5500), considerando os valores de osmolalidade para cada um dos subprodutos em todas as concentrações (Tabela 1). Assim, as leituras de osmolalidade foram ajustadas para 77, 157 e 201 mmol kg^{-1} para vinhaça; 57 mmol kg^{-1} para flegmaça e 130, 300 e 700 mmol kg^{-1} para óleo de fúsel. Para finalizar as soluções, todas foram caracterizadas também quanto ao pH, utilizando-se o mesmo procedimento de preparo e valores das testemunhas que envolveram pH.

As caixas de plástico contendo as sementes de guanxuma e capim-braquiária foram acondicionadas em câmara de germinação regulada para 35/20°C e fotoperíodo de 14/10 h de luz/escuro, de acordo com SMITH et al. (1992) e BRASIL (1992), durante 21 dias com contagens diárias de germinação. Nos tratamentos envolvendo a vinhaça, o tempo de contato com as sementes foi de 48 horas e não de 21 dias como ocorreu com os demais subprodutos, devido ao alto conteúdo de nutrientes presentes, que desencadeou uma rápida proliferação de fungos nas caixas de plástico.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, separadamente para guanxuma e capim-braquiária. Os tratamentos para vinhaça (12,5; 25,0; 50,0 e 100,0%; pH 4,5; PEG 77, PEG 157 e PEG 201), óleo de fúsel (12,5; 25,0; 50,0 e 100,0%; pH 6,0; PEG 130, PEG 300 e PEG 700) e flegmaça (12,5; 25,0; 50,0 e 100,0%; pH 5,5; PEG 57), foram realizados em cinco repetições com 100 sementes de cada uma das espécies estudadas.

As variáveis analisadas foram: porcentagem de germinação, viabilidade (pelo teste de tetrazólio conforme BRASIL, 1992), índice de velocidade de Germinação (IVG) de acordo com MAGUIRE (1962) e tempo médio de germinação, conforme Labouriau (1983) citado por SANTANA & RANAL (2000).

Segundo MAGUIRE (1962)

$$IVG = \sum N_i / D_i$$

onde:

IVG - índice de velocidade de germinação;

N_i - número de sementes germinadas no dia i ;

D_i - número de dias após a semeadura.

Segundo Labouriau (1983) citado por SANTANA & RANAL (2000)

$$T = \sum N_i \cdot T_i / N$$

onde:

T - tempo médio de germinação

T_i - tempo entre o início do experimento e a i -ésima observação (dia)

N_i - número de sementes que germinaram no tempo t_i (não o número acumulado, mas o número referido para a i -ésima observação)

N - número total de sementes germinadas

Análise de variância pelo teste F foi utilizada para avaliar o efeito dos tratamentos sobre as variáveis analisadas e, posteriormente, para comparação das médias dos tratamentos, foi utilizado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

2.3. Resultados e Discussão

Através da análise da Tabela 2, verifica-se que dentre os macronutrientes destaca-se o potássio em maior quantidade. Além disso, a presença de matéria orgânica e de micronutrientes confere potencial a esse subproduto de promover melhorias à fertilidade do solo, em função das proporções desbalanceadas dos nutrientes frente às exigências nutricionais das plantas. Outro problema é a

variabilidade na composição que, com frequência, esse subproduto apresenta. De acordo com KORNDORFER & ANDERSON (1997), a composição da vinhaça depende de fatores como a origem e a composição da matéria-prima e o tipo de equipamento para operação de destilação; com isso, a análise química pode variar de uma usina para outra, ou mesmo dentro de uma mesma usina, segundo a matéria-prima empregada.

Tabela 2. Resultados da análise química de amostra de vinhaça, proveniente da Usina São Martinho. Jaboticabal, SP, 2003 ^{1/}

Análise Química											
	M.O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄	Cu	Fe	Mn	Zn
pH	%	kg m ⁻³						g m ⁻³			
4,2	1,57	0,38	0,045	2,17	0,60	0,50	1,87	1,0	51	3,9	2,0

^{1/} Análise realizada no Laboratório de Análise Química de Solo e Planta do Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental – Centro de Ciências Agrárias, UFSCar. Araras, SP.

A análise da flegmaça por cromatografia gasosa (Tabela 3), indica haver basicamente etanol e água em sua composição (0,043% v/v), o que é discordante de ZARPELON (1982), segundo o qual, a flegmaça é basicamente uma água com traços de óleo de fúsel. Na composição do óleo de fúsel verificam-se vários constituintes, sendo o álcool isoamílico, que tem grande valor comercial, presente em maior quantidade, seguido por etanol e iso-butanol (Tabela 3).

Tabela 3. Composição química do óleo de fúsel e da flegmaça analisados por cromatografia gasosa, provenientes da Usina São Carlos. Jaboticabal, SP, 2003 ^{1/}

Componentes	Óleo de fúsel (%)	Flegmaça (%)
Etanol	11,70	0,043
n-propanol	0,83	-
i-butanol	8,47	-
n-butanol	0,21	-
i-amílico	28,66	-
n-amílico	0,12	-

^{1/} Análise realizada no Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, Setor de Açúcar e Alcool da ESALQ/USP. Piracicaba, SP.

Nos tratamentos com diferentes concentrações de vinhaça, o tempo de contato com as sementes foi de 48 horas e não de 21 dias como ocorreu com os demais subprodutos, devido ao alto conteúdo de nutrientes presentes, que desencadeou uma rápida proliferação de fungos nas caixas de plástico. O tempo de 48 horas não foi suficiente para que todas as sementes iniciassem o processo de germinação, por isso, como se vê na Tabela 4, somente as testemunhas das duas espécies testadas, conseguiram iniciar a germinação. Considerando o período de 48 horas pode-se afirmar que ocorreu influência da vinhaça sobre a germinação das sementes de guanxuma e capim-braquiária, pois neste mesmo período, ambas as espécies germinaram nos tratamentos testemunha. Entretanto, não se pode afirmar que a influência da vinhaça sobre a germinação das sementes de ambas espécies, possa se estender por períodos maiores.

A osmolalidade da vinhaça, caracterizada para as testemunhas, não exerceu efeito sobre a germinação das sementes para as duas espécies estudadas, embora se observe uma discreta tendência de redução com o aumento da osmolalidade. Essa tendência, para a guanxuma, apresenta-se menos pronunciada, o que pode ser atribuído ao possível processo de dormência em que as sementes ainda se encontravam. De acordo com CARDOSO (1990, 1991), a germinação de guanxuma (*Sida rhombifolia*) é inibida pelo tegumento, devido a restrição à entrada de água no interior da semente.

Considerando-se os resultados de viabilidade das sementes (Tabela 4), se verifica a mesma tendência mencionada anteriormente, apenas para as sementes de guanxuma. CHRISTOFFOLETI & BACCHI (1985) também verificaram que diferentes concentrações de vinhaça influenciam a população de guanxuma, pois na medida em que diminuíram a concentração, constataram o aumento da população de guanxuma.

Verifica-se que a germinação da guanxuma foi indiferente as concentrações de flegmaça testadas e o mesmo comportamento foi verificado para os valores de viabilidade das sementes. As sementes de capim-braquiária apresentaram porcentagem média de germinação 51,43% (valores observados).

Tabela 4. Percentual de germinação e viabilidade das sementes de *Sida rhombifolia* (SIDRH) e *Brachiaria decumbens* (BRADC) submetidas, por 48 horas, ao contato com vinhaça, e 21 dias para flegmaça e óleo de fúsel, em diferentes concentrações. Média de cinco repetições. Jaboticabal, 2003.

Tratamento	Concentração		Germinação				Viabilidade			
			SIDRH		BRADC		SIDRH		BRADC	
			Valores transf. ¹	Valores obs. ²	Valores transf. ¹	Valores obs. ²	Valores transf. ¹	Valores obs. ²	Valores transf. ¹	Valores obs. ²
Vinhaça	(v/v)	12,5	4,05 b	0,0	4,05 b	0,0	79,84 a	95,6	70,42 a	87,8
		25,0	4,05 b	0,0	4,05 b	0,0	74,18 a	90,8	68,35 a	85,4
		50,0	4,05 b	0,0	4,05 b	0,0	77,06 a	94,2	65,16 a	81,6
		100,0	4,05 b	0,0	4,05 b	0,0	72,25 a	89,8	73,60 a	90,8
		pH	4,5	15,48 a	7,4	28,83 a	22,8	73,69 a	91,0	67,80 a
	PEG mmol kg ⁻¹	77	12,30 a	4,4	30,70 a	26,0	70,20 a	87,8	70,12 a	87,6
		157	11,85 a	4,0	29,64 a	24,0	74,69 a	92,0	73,77 a	91,2
		201	12,94 a	5,2	26,60 a	19,8	70,40 a	88,2	68,81 a	84,4
		Média	8,60		16,50		74,04		69,63	
		d.m.s.	7,16		5,55		10,30		11,05	
F	10,12**		121,37**		2,11 NS		1,52 NS			
C.V. (%)	40,64		16,43		6,79		7,75			
Flegmaça	(v/v)	12,5	30,50 a	25,6	47,24 a	53,4	50,14 a	58,4	61,65 abc	77,0
		25,0	24,64 a	17,0	47,61 a	54,0	47,47 a	53,8	62,12 ab	86,6
		50,0	28,74 a	23,0	46,35 a	51,8	48,39 a	55,4	62,75 ab	77,8
		100,0	30,44 a	25,4	40,43 a	41,6	50,61 a	59,2	53,49 c	64,0
		pH	5,5	20,47 a	12,8	46,91 a	52,8	47,26 a	53,4	59,03 bc
	PEG mmol kg ⁻¹	57	25,89 a	19,6	48,16 a	55,0	51,42 a	60,6	60,47 bc	75,2
		Média	26,78 a		46,12		49,22		61,10	
		d.m.s.	11,98		8,23		5,00		8,48	
		F	2,03 NS		2,30 NS		2,32 NS		6,92**	
		C.V. (%)	22,89		9,13		5,20		7,10	
Óleo de fúsel	(v/v)	12,5	4,05 b	0,0	4,05 b	0,0	45,64 bcd	50,6	4,05 b	0,0
		25,0	4,05 b	0,0	4,05 b	0,0	40,90 cd	42,4	4,05 b	0,0
		50,0	4,05 b	0,0	4,05 b	0,0	41,72 cd	43,8	4,05 b	0,0
		100,0	4,05 b	0,0	4,05 b	0,0	35,18 d	33,0	4,05 b	0,0
		pH	6,0	26,96 a	20,2	45,52 a	50,4	64,72 a	80,0	58,78 a
	PEG mmol kg ⁻¹	130	24,89 a	17,4	47,74 a	54,2	57,68 ab	67,8	57,70 a	70,6
		300	23,33 a	15,4	48,30 a	55,2	54,19 abc	65,0	62,76 a	78,2
		700	24,19 a	16,4	46,90 a	52,8	54,69 abc	66,0	60,08 a	74,4
		Média	14,45		25,58		49,34		31,94	
		d.m.s.	4,68		5,58		15,69		6,34	
F	119,20**		357,26**		8,55**		464,97**			
C.V. (%)	15,82		10,65		15,52		9,69			

¹ Valores percentuais transformados em Arc sen (raiz ((x+0,5)/100)). ² Valores percentuais observados (originais). PEG – polietilenoglicol. (v/v) – volume/volume. Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. NS – não significativo. d.m.s. – diferença mínima significativa.

O aumento das concentrações de flegmaça resultou em tendência de redução da percentagem de germinação e viabilidade das sementes.

Como se pode constatar na Tabela 3, na composição da flegmaça, encontra-se apenas etanol, permitindo a inferência de que seria este o responsável pelos resultados que demonstraram redução da viabilidade das sementes quando a concentração 100,0% foi empregada.

Os valores de índice de velocidade de germinação, apresentados na Tabela 5, que possibilitam avaliar as diferenças de vigor entre as sementes (NAKAGAWA, 1994), permitem verificar que as sementes de guanxuma, em contato com a flegmaça, apresentaram-se com reduzido vigor, germinando em tempo médio que variou de três a cinco dias, certamente por estarem dormentes. É muito comum a dormência em espécies de guanxuma. FLECK et al. (2001) destacam que *Sida rhombifolia* apresenta dormência, em decorrência de não apresentarem resposta à luz.

Nas sementes de capim-braquiária, a média de IVG foi de 25,53. Quando do contato das sementes com a flegmaça na concentração 100,0% (Tabela 5), verificou-se redução no IVG em relação às demais concentrações e ao tratamento testemunha ajustado ao valor de osmolalidade correspondente a 57 mmol kg⁻¹.

Dentre os subprodutos testados, o óleo de fúsel foi o que mais interferiu na germinação, viabilidade, IVG e tempo médio de germinação das sementes (Tabelas 4 e 5). Este subproduto apresentou teores elevados de álcool isoamílico (28,66% % p/p), seguido pelo etanol (11,70% p/p) e demais álcoois identificados por cromatografia gasosa, que se encontram na Tabela 2. PÉREZ et al. (2001), coletando amostras do óleo de fúsel em diversas destilarias, e VAUCLAIR et al. (1997), observaram também que álcool isoamílico foi um composto majoritário nas amostras.

Nenhuma das espécies testadas germinou nas diferentes concentrações do óleo de fúsel, durante o período de 21 dias (Tabela 4). Foi possível o cálculo de IVG apenas para testemunhas. As sementes de capim-braquiária que receberam aplicação de óleo de fúsel também não germinaram, mas suas testemunhas tiveram valores observados de aproximadamente 50% de germinação.

Tabela 5. Índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação das sementes de *Sida rhombifolia* (SIDRH) e *Brachiaria decumbens* (BRADC) submetidas ao contato com flegmaça e óleo de fúsel em diferentes concentrações, por 21 dias. Média de cinco repetições. Jaboticabal, 2003.

Tratamento	Concentração		IVG		Tempo médio germinação (dias)		
			SIDRH	BRADC	SIDRH	BRADC	
Flegmaça	(v/v)	12,5	9,12 a	27,31 a	3,84 a	2,83 a	
		25,0	4,48 a	25,31 a	5,59 a	2,93 a	
		50,0	9,19 a	27,56 a	3,22 a	2,71 a	
		100,0	7,95 a	20,41 b	4,79 a	2,84 a	
	PH	5,5	4,99 a	24,98 ab	4,97 a	3,01 a	
		PEG	57	7,99 a	27,63 a	4,81 a	2,76 a
	Mmol kg ⁻¹						
	Média		7,29	25,53	4,54	2,85	
	d.m.s.		9,96	6,34	2,79	0,66	
	F		0,81 NS	3,63*	1,90 NS	0,55 NS	
C.V. (%)		69,96	12,71	27,34	11,87		
Óleo de fúsel	(v/v)	12,5	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 b	
		25,0	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 b	
		50,0	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 b	
		100,0	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 b	
	PH	6,0	5,23 a	21,65 a	5,20 a	3,26 a	
		PEG	130	4,07 a	20,50 a	6,77 a	3,41 a
	Mmol kg ⁻¹		300	3,95 a	23,92 a	6,38 a	3,10 a
			700	4,59 a	22,42 a	6,07 a	3,22 a
	Média		2,22	11,06	3,05	1,62	
	d.m.s.		2,13	6,02	1,80	0,48	
F		27,05**	81,46**	70,04**	271,65**		
C.V. (%)		46,55	26,57	28,82	14,52		

PEG – polietilenoglicol. (v/v) – volume/volume. Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. NS – não significativo. d.m.s. – diferença mínima significativa.

A viabilidade das sementes de guanxuma sofreu redução na medida em que se aumentou a concentração do óleo de fúsel, fazendo com que as sementes tratadas com o subproduto puro diferisse de todas as testemunhas, mas não de suas próprias concentrações (Tabela 4). O fato das sementes possivelmente se apresentarem dormentes influenciou a viabilidade, porque devido a restrição à entrada do subproduto no interior das sementes, aproximadamente 56% (média dos valores observados) permaneceram viáveis ao final do período experimental (21 dias).

As sementes de capim-braquiária mostraram-se sensíveis ao óleo de fúsel, tornando-se inviáveis quando em contato com o subproduto, independentemente da concentração empregada. As testemunhas não foram diferentes entre si, apresentando viabilidade média em torno de 70%. Deve-se ressaltar que dentre os produtos testados, o óleo de fúsel foi o que teve os maiores valores de osmolalidade (Tabela 1).

2.4. Conclusões

Considerando que os subprodutos têm suas composições variáveis dependendo da origem e levando-se em conta as condições em que foram testados esses materiais, pode-se concluir que:

- A ausência de germinação nas sementes de *Sida rhombifolia* e *Brachiaria decumbens* quando submetidas às concentrações de vinhaça foi devido ao pequeno tempo de exposição entre sementes e subproduto, que foi de 48 horas.

- As sementes de *Sida rhombifolia* submetidas as diferentes concentrações de flegmaça não apresentaram comprometimento na germinação e viabilidade. Entretanto, na presença de óleo de fúsel, as sementes não germinaram e apresentaram redução da viabilidade, principalmente nas maiores concentrações do subproduto.

- As sementes de *Brachiaria decumbens* submetidas à aplicação de diferentes concentrações de flegmaça apresentaram redução no percentual de viabilidade, tendo índice de velocidade de germinação (IVG) reduzido, apenas quando o subproduto foi aplicado sem diluição. Na presença de qualquer uma das concentrações do óleo de fúsel testadas, as sementes de *Brachiaria decumbens* não germinaram e ficaram totalmente inviáveis.

2.5. Referências

AREVALO, R.A.; BERTONCINI, E.I. Manejo químico de plantas daninhas nos resíduos de colheita de cana crua. **Stab: açúcar, álcool subprodutos**, Piracicaba, v.17, n.4, p.36-38, 1999.

BALBO JR, L. **Estudos preliminares dos efeitos da vinhaça sobre a emergência e desenvolvimento inicial de plantas daninhas. I – Fedegoso (*Cassia tora* L.)**. 1984. 41f. Monografia (Trabalho de graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1984.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Vegetal, DISEM, 1992. 365 p.

BUSS, A.; GLÓRIA, N. A. da; JACINTHO, O. A. Viabilidade do uso de herbicidas em mistura com vinhaça para o controle de plantas daninhas em soqueiras de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Campinas, v.1, n.2, p. 49-56, 1978.

CARDOSO, V.J.M. Effects of temperature and seed coat on germination of *Sida cordifolia* L. (Malvaceae). **Ciência e Cultura**, v.43, n.4, p.306-308, 1991.

CARDOSO, V.J.M. Germination studies on dispersal units of *Sida rhombifolia* L. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.13, p.83-88, 1990.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; BACCHI, O. O. S. Efeito da aplicação de vinhaça sobre a população e controle químico de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). **Planta Daninha**, Campinas, v.8, n.1/2, p.60-70, 1985.

FLECK, N. G. et al. Efeitos de fontes nitrogenadas e de luz na germinação de sementes de picão e guanxuma. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.3, p.592-600, 2001.

GLÓRIA, N. da; ORLANDO FILHO, J. O. Aplicação da vinhaça: um resumo e discussão sobre o que foi pesquisado. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v.4, n.14, p.24-35, 1984.

KORNDORFER, G. H.; ANDERSON, D. L. Use and impact of sugar-alcohol residues vinasse and filter cake on sugarcane production in Brazil. **Sugar & Azucar**, v.92, n.3, p.26-35, 1997.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.49-85.

PÉREZ, E. R.; CARDOSO, D. R.; FRANCO, D. W. Análise dos álcoois, ésteres e compostos carbonílicos em amostras de óleo fúsel. **Química Nova**, São Paulo, v.24, n.1, p.10-12, 2001.

SANTANA, D.G. de; RANAL, M. A. Análise estatística na germinação. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v.12, p.226, 2000.

SMITH, C.A.; SHAW, D.R.; NEWSON, L.J. Arrowleaf sida (*Sida rhombifolia*) and prickly sida (*Sida spinosa*): germination and emergence. **Weed Research**, Oxford, v.32, p.103-109, 1992.

VAUCLAIR, C.; TARJUS, H.; SCHAETZEL, P. Permselective properties of PVA-PAA blended membrane used for dehydration of fusel oil by pervaporation. **Journal of Membrane Science**, Amsterdam, n.125, p.293-301, 1997.

VILLELA, F.A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietilenoglicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.11/12, p.1957-1968, 1991.

ZARPELON, F. Redução do volume de vinhoto. **Stab**: açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, p.28-35, nov/dez., 1982.

CAPÍTULO 3 – ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR E PLANTAS DANINHAS EM CASA DE VEGETAÇÃO INFLUENCIADOS POR FLEGMAÇA, ÓLEO DE FÚSEL E VINHAÇA

Resumo - Este trabalho objetivou avaliar os efeitos da aplicação de vinhaça, flegmaça ou óleo de fúsel, em concentrações de 12,5; 25,0; 50,0 e 100,0% (v/v) sobre os atributos químicos do solo, desenvolvimento e composição química de plantas de cana-de-açúcar (variedade RB72454), guanxuma (*Sida rhombifolia* L.) capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) cultivadas simultaneamente em condições de casa de vegetação. Os subprodutos foram aplicados no solo contendo um mini-tolete de cana-de-açúcar (altura média de brotação 13cm), e 100 sementes de cada uma das espécies daninhas, em vasos de plástico opaco (22 L). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, constituído de 13 tratamentos. Os resultados obtidos foram agrupados num esquema fatorial 3 x 4 (3 tipos de resíduos e 4 concentrações) além de um tratamento adicional (testemunha), no qual se aplicou apenas água, com quatro repetições. Na cana-de-açúcar, a vinhaça e flegmaça não influenciaram o desenvolvimento, enquanto que a vinhaça aumentou o acúmulo de fósforo e potássio. O óleo de fúsel levou à morte As plantas de cana-de-açúcar. A aplicação da vinhaça reduziu a emergência de *Sida rhombifolia* (20 aos 40 DAT) e a porcentagem de emergência de *Brachiaria decumbens* (20 DAT). No solo, a vinhaça aumentou o potássio e pH; a flegmaça e o óleo aumentaram os teores de cálcio e acidez potencial, enquanto que o óleo de fúsel elevou os teores de Alumínio.

Palavras-chave: Resíduos, subprodutos

3.1. Introdução

A produção de açúcar e álcool a partir da cana-de-açúcar gera uma série de subprodutos que permitem o aproveitamento completo da matéria-prima. Para países produtores e exportadores de açúcar de cana como o Brasil e Cuba, é de elevada importância o aproveitamento dos subprodutos gerados (PÉREZ et al. 2001).

De acordo com ROSSETO et al. (2002), estudos sobre utilização racional de resíduos na agricultura são atuais e fundamentais para minimizar o problema das grandes quantidades que são geradas pela atividade industrial e pela população.

Nas destilarias encontram-se os maiores volumes de resíduos gerados pelas usinas. A vinhaça, também conhecida como vinhoto, é o principal resíduo da destilação do vinho, e devido ao alto conteúdo de matéria orgânica e nutrientes, especialmente potássio, as usinas utilizam-na no processo de fertirrigação em parte de seus canaviais, em substituição total ou parcial da adubação mineral. Por isso, a mesma passou a ser considerada um subproduto do processo.

O óleo de fúsel está entre os principais subprodutos da destilação (retificação), conforme KALE (1990), sendo constituído por impurezas de alto grau de volatilização. Segundo ENRIQUEZ et al. (1989) a maioria dos componentes do óleo de fúsel são álcoois e ésteres. Entretanto, de acordo com PÉREZ et al. (2001) o mesmo ainda não é devidamente aproveitado pelas usinas, pois é vendido para indústrias químicas por um baixo valor comercial.

A flegmaça também é um resíduo obtido no processo de destilação (retificação) do álcool, sendo usualmente adicionada à vinhaça e aplicada no campo como substitutos da adubação mineral.

Dentre os resíduos, a vinhaça é a mais pesquisada quanto à utilização nas culturas, devido ao alto conteúdo em nutrientes. Quanto à utilização em plantas daninhas, BALBO JR (1984) testou os efeitos da vinhaça na emergência e desenvolvimento inicial de fedegoso cultivado em vasos e concluiu que a velocidade de emergência da planta foi negativamente afetada. Também foram testados por CHRISTOFFOLETI & BACCHI (1985) os efeitos da aplicação de vinhaça em mistura

com herbicidas sobre a população de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar, sendo constatado que os herbicidas não tiveram sua eficácia prejudicada pela aplicação de vinhaça. O óleo de fúsel e a flegmaça, isoladamente, não possuem histórico de uso em áreas agrícolas.

Segundo GLÓRIA (1992), o uso de resíduos no solo deve ser conduzido no sentido não só de eliminar a sua nocividade, mas também tornar atraente o seu uso, quer como fonte de nutrientes às culturas, ou como condicionador do solo. Nesses casos é possível que o resíduo se torne um subproduto, devido a passar a ter um valor de comércio

Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar os efeitos da aplicação de concentrações crescentes de flegmaça, de óleo de fúsel e de vinhaça nos atributos químicos do solo, no desenvolvimento e na composição química de plantas de cana-de-açúcar (variedade RB72454), de guanxuma (*Sida rhombifolia* L.) e de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.), cultivadas simultaneamente em condições de casa de vegetação.

3.2. Material e Métodos

3.2.1. Local

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação, do Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, SP, nos meses de outubro de 2002 a janeiro de 2003.

3.2.2. Obtenção de mini-toletes de cana-de-açúcar

Foram utilizados mini-toletes de cana-de-açúcar, contendo uma única gema de aproximadamente 6 cm da variedade RB72454, proveniente da Fazenda Santa Cecília, Jaboticabal, SP. Os mini-toletes foram obtidos de colmos não danificados

mecanicamente por pragas ou doenças, utilizando-se de serra metálica manual, descartando-se os toletes defeituosos. Após selecionados, antes do plantio, os mini-toletes foram imersos em solução de água sanitária 1%, por 15 minutos.

3.2.3. Obtenção das sementes de plantas daninhas

Sementes de *Sida rhombifolia* L. (guanxuma) e *Brachiaria decumbens* Stapf. (capim-braquiária) foram adquiridas na Shokucho do Brasil Agrícola Ltda, sediada no município de Artur Nogueira, SP. Por ocasião da instalação do experimento, as sementes foram selecionadas por tamanho e aspecto, a seguir contadas, eliminando-se aquelas defeituosas ou carunchadas.

3.2.4. Características e propriedades do solo

O experimento foi conduzido em vasos de 22 L de capacidade, contendo amostra de terra coletada de um Latossolo Vermelho-Escuro, A moderado, textura argilosa, relevo ondulado (ANDRIOLI & CENTURION, 1999), cuja análise química para avaliação da fertilidade encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo empregado no experimento. Jaboticabal, 2003.

pH (CaCl ₂)	M.O. (g dm ⁻³)	P ₂ O ₅ Resina (mg m ⁻³)	Análise Química					V (%)	
			mmol _c dm ⁻³						
			K ₂ O	CaO	MgO	H + Al	SB	T	
5,0	19	25	1,5	20	11	28	32,5	60,5	54

Análise realizada no Laboratório de Análise de Solo e Planta do Departamento de Solos e Adubos da FCAV/Unesp. Jaboticabal, SP, 2003.

3.2.5. Caracterização dos subprodutos testados

Vinhaça

A vinhaça utilizada no experimento, proveniente de mosto misto, foi obtida na destilaria da Usina São Martinho, localizada no município de Pradópolis, SP, na forma concentrada na proporção 1:10, no ano de 1992, aplicada em concentração correspondente a $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, ou seja, 1,14 L por vaso. Sua composição química encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Composição química parcial da amostra de vinhaça, proveniente da Usina São Martinho, Pradópolis, SP, após a reconstituição com água à concentração original.

		Análise Química									
		kg m^{-3}						g m^{-3}			
PH	M.O. (%)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄	Cu	Fe	Mn	Zn
4,2	1,57	0,38	0,045	2,17	0,60	0,50	1,87	1,0	51	3,9	2,0

Análise realizada no Laboratório de Análise Química de Solo e Planta, Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental – Centro de Ciências Agrárias, UFSCar. Araras, SP, 2003.

Óleo de Fúsel e Flegmaça

O óleo de fúsel e a flegmaça utilizados no experimento, foram coletados na destilaria da Usina São Carlos, Jaboticabal, SP, no ano de 2001, sendo aplicados em quantidade correspondente a $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, ou seja, 1,14 L por vaso. Os resultados da análise cromatográfica são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Composição química do óleo de fúsel e flegmaça por cromatografia gasosa, provenientes da Usina São Carlos. Jaboticabal, 2003.

Componentes	Óleo de fúsel (%)	Flegmaça (%)
Etanol	11,70	0,043
n-propanol	0,83	-
i-butanol	8,47	-
n-butanol	0,21	-
i-amílico	28,66	-
n-amílico	0,12	-

Análise realizada no Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, Setor de Açúcar e Álcool da ESALQ/USP. Piracicaba, SP, 2003.

3.2.6. Instalação e condução do experimento

Antes da instalação do experimento nos vasos, os mini-toletes foram plantados em terra vegetal, dentro de copos de plástico com capacidade para 500 mL sendo irrigados diariamente. Após a germinação, as plantas de cana-de-açúcar foram selecionadas, levando-se em conta tamanho e aspecto da planta, de forma a obter um lote o mais uniforme possível. O transplante para vasos de 22 L foi realizado em 12/11/2002, quando as plântulas atingiram altura de aproximadamente 13 cm.

Após o período de 20 dias do transplante, foram semeadas em cada vaso, 100 sementes de guaxuma e 100 de capim-braquiária na superfície do solo. Os subprodutos foram aplicados em pós-emergência da cana-de-açúcar quando esta atingiu em média, 31 cm de altura e em pré-emergência das plantas daninhas, no dia 04/12/2002.

Para todos os vasos antes da aplicação dos subprodutos, os dados de altura submetidos à análise estatística (não apresentados) não diferiram significativamente, indicando haver uniformidade de altura das plantas.

A irrigação dos vasos foi feita com água, procurando atingir 80% da capacidade de campo, diariamente, durante todo o período experimental, que foi de 40 dias contados a partir da data em que foram aplicados os subprodutos em questão. O

estabelecimento desse período de tempo foi devido às plantas terem se aproximado do teto da casa de vegetação.

Adubação mineral

De acordo com o resultado da análise inicial da amostra de solo e de conformidade com as recomendações de ESPIRONELO (1992) procedeu-se aos cálculos à adubação de plantio, apenas para os tratamentos testemunha, que foi aplicada ao lado das plantas transplantadas. Os vasos testemunha receberam fertilização mineral empregando-se 150, 444 e 207 kg ha⁻¹ de sulfato de amônia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

Correção da Acidez do Solo

A saturação por bases (V% = 54) serviu de base para que se concluísse não ser necessária a realização da calagem, conforme recomendações de ESPIRONELO (1992).

3.2.7. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, num total de 13 tratamentos, resultantes da combinação de três subprodutos (flegmaça, óleo de fúsel e vinhaça) em quatro concentrações (12,5; 25,0; 50,0 e 100,0% (v/v)), aplicados em volume correspondente a 150 m³ ha⁻¹, ou seja, em 1,14 L por vaso, além de um tratamento testemunha, (cana-de-açúcar e plantas daninhas) irrigado com água. Foram realizadas quatro repetições, totalizando 52 parcelas experimentais.

Por ocasião da análise estatística, os resultados foram agrupados segundo o esquema fatorial 3 x 4 (3 subprodutos e 4 concentrações) mais um tratamento adicional (testemunha). Entretanto, em função do resultados obtidos, avaliou-se os atributos

químicos do solo pelo esquema fatorial 3 x 4 e as demais variáveis no esquema fatorial 2 x 4 (2 subprodutos e 4 concentrações).

Procedeu-se à análise de variância sendo que, nos casos pertinentes, realizou-se a comparação das médias pelo teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade.

3.2.8. Variáveis analisadas

Na cana-de-açúcar:

Durante todo o período experimental, aos 10, 20 e 40 DAT (dias após tratamento), avaliaram-se, na cana-de-açúcar, a altura da planta (medida do nível do solo até o “dew lap”); teor de clorofila total das folhas (expresso em Unidades Relativas-UR), empregando-se clorofilômetro de campo Mod. Spad 502 Minolta; Índice de fluorescência, avaliado na folha +3 empregando-se para tanto, fluorômetro portátil (PEA – Plant Efficiency Analyser, Hansatech).

Ao final do experimento, determinou-se:

- Diâmetro de colmos;
- Número de perfilhos;
- Produção de material seco da parte aérea;
- Composição química do material seco produzido (macro e micronutrientes de acordo com metodologia de SARRUGE & HAAG (1974)).

Nas plantas daninhas, determinou-se:

- Porcentagem de emergência, aos 10, 20 e 40 DAT;
- Produção de material seco da parte aérea, no final do experimento;
- Composição química do material seco produzido (macro e micronutrientes de acordo com metodologia de SARRUGE & HAAG (1974)).

No solo, ao final do experimento:

- Análise química para avaliação da fertilidade.

3.3. Resultados e Discussão**3.3.1. Cana-de-açúcar****Altura das plantas**

Detectou-se que as plantas tratadas com o óleo de fúsel, nas quatro concentrações testadas, nas primeiras 24 horas após a aplicação, murcharam, num processo irreversível e progressivo de secagem das folhas e ramos (Figuras 1 e 2). Apenas na concentração 12,5% (dados não apresentados), um dos vasos chegou ao final do experimento com altura de 50 cm, enquanto que nos demais tratamentos, este valor foi superior a 70 cm.

Para a aplicação de óleo de fúsel, chegou-se à conclusão de que devem ser testadas concentrações inferiores a 12,5%, para se avaliar melhor o efeito deste subproduto na planta, pois não existem dados referentes a este tipo de aplicação em literatura.

Os resultados da análise de variância para o efeito dos outros subprodutos nas variáveis altura, diâmetro, número de perfilhos e massa seca encontram-se na Tabela 4.

Verifica-se que a altura das plantas não foi influenciada pela aplicação de vinhaça e flegmaça, pelas concentrações testadas aos 10 DAT (dias após tratamento). Aos 20 DAT as plantas não diferiram quanto à altura, entre os subprodutos ou concentrações. Entretanto, as parcelas que receberam os subprodutos apresentaram alturas inferiores às obtidas no tratamento testemunha.



Figura 1. Efeito do tratamento com óleo de fúsel (100%) sobre planta de cana-de-açúcar após 24h da aplicação e detalhe ao lado.



Figura 2. Efeito do tratamento com óleo de fúsel (100%) sobre planta de cana-de-açúcar aos 7 dias após a aplicação e detalhe ao lado.

Tabela 4. Altura (cm) das plantas aos 10, 20 e 40 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) e diâmetro do colmo (cm), número de perfilhos e matéria seca (g) produzida pela cana-de-açúcar, avaliados ao final do experimento. Efeitos da aplicação de vinhaça e flegmaça e de suas concentrações. Resumo da análise estatística.

Variáveis	Altura			Diâmetro	Número de perfilhos	MS
	10 DAT	20 DAT	40 DAT	40 DAT	40 DAT	40 DAT
Subprodutos (A)						
Vinhaça	38,13	43,88	74,19	23,91	1,44	67,07 a
Flegmaça	38,50	43,44	70,94	23,77	1,13	61,10 b
Conc. (B) – (v/v)						
12,5	38,63	44,25	71,75	23,14	1,38	61,36 a
25,0	38,38	44,00	72,88	23,98	1,00	62,27 a
50,0	38,25	42,75	70,75	23,87	1,38	63,98 a
100,0	38,00	43,63	74,88	24,36	1,38	64,74 a
Testemunha	39,75	46,2	76,75	26,01	1,25	68,69
				Teste F		
Subprodutos (A)	0,26 NS	0,42 NS	2,86 NS	0,03 NS	1,00 NS	4,28 *
Conc. (B)	0,13 NS	0,94 NS	0,85 NS	0,51 NS	0,36 NS	0,65 NS
A x B	1,69 NS	4,46 *	1,78 NS	1,13 NS	1,11 NS	1,35 NS
Testemunha x fatorial	1,72 NS	6,52 *	2,11 NS	4,08 NS	0,00 NS	3,80 NS
C.V. (%)	5,37	4,36	7,44	8,40	69,02	8,51

MS (massa seca); (v/v) volume/volume; NS (não significativo); * significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Pelo desdobramento da interação, na Tabela 5, verifica-se que a altura foi maior para a aplicação de vinhaça a 12,5 % v/v, em comparação à flegmaça, enquanto que na concentração 25,0% a altura foi maior para flegmaça. Nas demais concentrações, a variação não foi significativa.

Aos 40 DAT, não foram observadas diferenças entre subprodutos ou doses. As plantas integrantes do esquema fatorial ocorreram no mesmo nível daquelas do tratamento testemunha (Tabela 4).

Tabela 5. Desdobramento da interação aos 20 DAT entre os subprodutos (vinhaça e flegmaça) e suas concentrações de aplicação sobre a altura das plantas de cana-de-açúcar. Jaboticabal, 2003.

Variável	Doses (v/v)	Subprodutos		F
		Vinhaça	Flegmaça	
Altura 20DAT (cm)	12,5	45,75 Aa	42,75 Bab	4,91 *
	25,0	42,25 Ba	45,75 Aa	6,68 *
	50,0	43,75 Aa	41,75 Ab	2,18 NS
	100,0	43,75 Aa	43,50 Aab	0,03 NS
	F	2,25 NS	3,15 **	

(v/v) volume/volume; médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente; NS (não significativo); * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade. Letras maiúsculas - comparação na horizontal. Letras minúsculas – comparação na vertical

Diâmetro dos Colmos

De acordo com os resultados da Tabela 4, verifica-se que o diâmetro dos colmos da cana-de-açúcar não foi influenciado pelos subprodutos e concentrações testadas. A testemunha irrigada com água, apresentou uma discreta tendência de superioridade para o diâmetro dos colmos, sem significância estatística.

A aplicação do óleo de fúsel na concentração de 12,5% (dados não apresentados) proporcionou diâmetro de 19,5 cm para as plantas, sendo o menor valor encontrado, insuficiente para que fosse realizada a análise estatística e conclusões.

Número de perfilhos

O número de perfilhos não foi afetado pelos subprodutos e suas concentrações (Tabela 4). Observa-se tendência sem significância estatística, em relação ao número de perfilhos, no sentido de aumentarem com a aplicação dos subprodutos, principalmente nas maiores concentrações. Em se confirmando esta tendência, esses resultados são concordantes com SILVA & SILVA (1986), segundo os quais a aplicação de vinhaça proporciona maior perfilhamento durante os ciclos da cana-de-açúcar.

Massa seca da parte aérea

A produção de massa seca pelas plantas de cana-de-açúcar foi superior quando se aplicou vinhaça, sem contudo ter havido efeito das concentrações testadas. A inferioridade da flegmaça pode ser atribuída à sua composição química que, basicamente resume-se em água com traços de etanol. Nas usinas, geralmente a flegmaça é adicionada à vinhaça e utilizada na fertirrigação, sendo melhor aproveitada do que se fosse utilizada isoladamente.

Com a aplicação do óleo de fúsel as poucas plantas que conseguiram se desenvolver, produziram 50% menos matéria seca do que quando se empregou vinhaça ou flegmaça.

Teor de clorofila total nas folhas

As clorofilas são pigmentos verdes especializados na absorção de luz. De acordo com MALAVOLTA et al. (1997) os valores de clorofila são calculados com base na luz transmitida pela folha em duas regiões de comprimento de onda, nas quais a absorção de clorofila é diferente. O medidor de clorofila fornece leituras que correspondem ao teor do pigmento presente na folha.

Antes da aplicação dos subprodutos foi medido o teor de clorofila de todos os vasos, sendo o valor médio encontrado igual a 53,85 UR, não apresentando

significância estatística. Avaliação realizada aos 10 DAT (Tabela 6) indica que o teor de clorofila diminuiu com o aumento da concentração (de 55,65 para 49,11 UR). Contudo, na avaliação de 20 e 40 DAT observa-se que o teor do pigmento nas folhas não foi prejudicado pela aplicação de vinhaça e flegmaça, para todas as épocas de avaliação.

Embora haja tendência de redução dos teores de clorofila com o passar do tempo, deve-se considerar que as mudas de cana-de-açúcar foram transplantadas em novembro, num período onde houve intenso crescimento vegetativo da planta e formação de folhas. Possivelmente este seja o motivo pelo qual houve tal diminuição, pois segundo LARCHER (2000), a deficiência de clorofila muitas vezes ocorre no início do desenvolvimento da folha ou quando aparecem tonalidades amarelas.

CASTRO (2002) afirma que cana-de-açúcar possui a habilidade de utilizar o máximo de luz solar para a fotossíntese. Cada entrenó produz uma nova folha em cerca de 10 dias, e uma folha mais velha senesce, deixando um número constante de 8-9 folhas/colmo. A maior porção de luz incidente é interceptada pelas seis folhas mais apicais.

Na aplicação do óleo de fúsel (dados não apresentados) a 12,5% na única repetição que permaneceu até o final do experimento, verificou-se, desde os 10 DAT, teor de clorofila em torno de 49 UR, indicando que esta concentração não afetou a porcentagem de clorofila. Quanto às demais concentrações do óleo de fúsel, as mesmas foram responsáveis pelo tombamento e secamento das folhas de cana-de-açúcar de forma irreversível.

Fluorescência

KRAUSE & WEIS (1991) afirmaram que o uso da fluorescência de folhas intactas de plantas tem aumentado porque constitui no único método não invasivo de monitoramento de eventos fotossintéticos das plantas. Neste experimento, a avaliação do índice de fluorescência foi realizada, para avaliar durante o ciclo de desenvolvimento da planta, se a aplicação dos subprodutos poderia causar mudanças no índice de fluorescência das plantas de cana-de-açúcar.

Tabela 6. Teor de Clorofila Total (UR) e Índice de Fluorescência da cana-de-açúcar aos 10, 20 e 40 dias após a aplicação dos tratamentos. Efeitos da aplicação de vinhaça, flegmaça e suas concentrações. Resumo da análise estatística.

Variáveis	Teor de Clorofila Total ¹			Índice de Fluorescência ²		
	10 DAT	20 DAT	40 DAT	10 DAT	20 DAT	40 DAT
Subprodutos (A)						
Vinhaça	50,76	48,24	40,96	78,15	73,10 a	77,56
Flegmaça	54,69	49,79	39,50	78,43	71,54 a	77,39
Concentrações(B) – (v/v)						
12,5	55,65	50,74	40,73	78,60	72,68 ab	77,61
25,0	54,06	48,94	38,24	78,14	70,03 b	77,75
50,0	52,08	47,64	40,39	77,88	71,01 ab	77,33
100,0	49,11	48,75	41,56	78,55	75,58 a	77,20
Testemunha	53,03	52,30	39,28	78,75	74,88	78,45
	Teste F					
Subprodutos (A)	2,82 NS	0,55 NS	0,87 NS	0,55 NS	1,48 NS	0,06 NS
Concentrações(B)	1,45 NS	0,38 NS	0,83 NS	0,83 NS	3,60 *	0,13 NS
A x B	0,41 NS	1,08 NS	0,54 NS	0,42 NS	1,24 NS	1,14 NS
Testemunha x fatorial	0,01 NS	1,11 NS	0,17 NS	0,65 NS	1,77 NS	0,85 NS
C.V. (%)	12,53	11,90	10,99	1,37	4,98	2,58

¹ e ² – dados transformados em arc sen ((raiz x + 0,5)/100); DAT (dias após tratamento); (v/v) volume/volume; médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente; NS (não significativo); * significativo a 5% de probabilidade.

Em avaliação realizada antes da aplicação dos tratamentos, verificou-se Índice de fluorescência médio de 78% para as plantas de cana-de-açúcar, sem significância estatística.

Os subprodutos vinhaça e flegmaça, não influenciaram a porcentagem de fluorescência das plantas de cana-de-açúcar (Tabela 6). A quantidade média de fluorescência das plantas ficou em torno de 77% ao final do experimento. Esses resultados vão ao encontro das afirmações de CECHIN (1996) e BJORKMAN & DEMMING (1987) para os quais, a razão de fluorescência total máxima (Fm) e fluorescência variável máxima (Fv) é aproximadamente igual a 80% para a maioria das espécies estudadas.

Apenas na avaliação realizada aos 20 DAT verificou-se que a concentração dos subprodutos influenciou o referido índice, de tal forma que o aumento da concentração proporcionou maior índice de fluorescência.

A planta que conseguiu se desenvolver na concentração de 12,5% de óleo de fúsel, apresentou valores de fluorescência iguais ou até mesmo superiores à testemunha, até o final do experimento.

Composição química da parte aérea

Os teores de macro e micronutrientes nas plantas de cana-de-açúcar e respectivas análises estatísticas estão apresentados na Tabela 7.

Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S)

Nitrogênio

O nitrogênio é o responsável por funções de alta importância no metabolismo vegetal e depois do potássio, o elemento absorvido em maior quantidade pela cana-de-açúcar, segundo SOBRAL et al. (1983), e que neste experimento pode ser confirmado pela Tabela 7. MALAVOLTA et al. (1997) verificou que a importância do nitrogênio se deve ao fato do mesmo atuar nos processos de fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular, dentre outros.

Em linhas gerais, o conteúdo de nitrogênio na cana-de-açúcar não foi influenciado pelo tipo de subproduto, nem pelas concentrações testadas.

Entre as concentrações dos subprodutos não foram observadas diferenças, mas é possível notar uma tendência de diminuição do conteúdo de nitrogênio com aumento das concentrações. O desdobramento da interação subprodutos x concentrações (Tabela 8) mostra que na concentração 25,0%, a flegmaça proporcionou menores teores de N na parte aérea das plantas de cana-de-açúcar quando comparados os teores de N em plantas cultivadas na presença de vinhaça.

Tabela 7. Estado nutricional das plantas de cana-de-açúcar aos 40 dias após a aplicação dos tratamentos. Efeitos da aplicação de vinhaça, flegmaça e suas concentrações. Resumo da análise estatística.

Variáveis	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹			
Subprodutos (A)										
Vinhaça	7,34	1,59 a	18,04 a	2,06	2,02	2,60 a	2,13	42,81	33,06	12,56
Flegmaça	6,68	1,45 b	14,73 b	2,03	2,00	2,32 b	2,00	39,00	30,50	12,63
Concentr.(B) – (v/v)										
12,5	7,22	1,48	15,70	2,04	2,10 a	2,36	2,00	43,00	27,63	12,75
25,0	7,49	1,54	16,19	1,99	1,71 b	2,59	2,25	39,25	35,25	11,88
50,0	7,07	1,51	16,88	2,10	2,18 a	2,39	2,00	40,88	30,38	13,38
100,0	6,26	1,56	16,79	2,04	2,05 ab	2,50	2,00	40,50	33,88	12,38
Testemunha	6,90	1,40	19,18	2,22	1,90	3,00	2,00	23,50	35,25	13,25
Teste F										
Subprodutos (A)	1,77 NS	9,35 **	42,82 **	0,22 NS	0,04 NS	6,87 *	1,13 NS	0,68 NS	1,35 NS	0,02 NS
Concentrações (B)	1,12 NS	0,63 NS	1,18 NS	0,47 NS	4,82 **	0,94 NS	1,13 NS	0,11 NS	2,44 NS	1,96 NS
A x B	3,04 *	1,86 NS	1,17 NS	2,00 NS	4,08 *	1,65 NS	1,13 NS	1,33 NS	2,28 NS	3,45 *
Testemunha x fatorial	0,02 NS	2,99 NS	13,48 **	3,36 NS	0,61 NS	11,28 **	0,12 NS	6,29 *	1,10 NS	0,94 NS
CV (%)	20,20	8,82	8,57	9,20	13,19	12,05	16,22	33,59	19,42	10,08

(v/v) volume/volume; NS (não significativo); * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

Os teores de nitrogênio neste experimento variaram de 6,26 a 7,79 g kg⁻¹, e estão acima do valor considerado normal para cana-de-açúcar por HUMBERT (1984), segundo o qual, pode variar entre 0,25 e 6%. Para a cana-de-açúcar, SOBRAL et al. (1983) afirma que o fornecimento do nitrogênio em níveis ideais é importante para que a planta possa externar suas potencialidades produtivas.

Fósforo

O fósforo, de acordo com MEYER (1980), embora sendo um elemento acumulado pela cana-de-açúcar em quantidade consideravelmente pequena, comparado ao N e K, tem função chave no metabolismo das plantas, particularmente na formação de proteínas, divisão celular e fotossíntese. Para WILLADINO et al. (1988) até 90 dias, a cana-de-açúcar não chega a absorver 10% do total de P absorvido até o final do ciclo. Neste experimento, os teores de fósforo na parte aérea das plantas foi maior com a aplicação de vinhaça, em comparação à aplicação de flegmaça. A testemunha, que recebeu apenas a adubação de plantio, apresentou resultado nos mesmos níveis das parcelas que receberam os subprodutos.

Os teores de fósforo na cana-de-açúcar, variaram de 1,40 a 1,59 g kg⁻¹, ou seja, de 0,14 a 0,16% de matéria seca, sendo concordante com PREVEDELLO & REISSMANN (2002), segundo os quais, a concentração de fósforo pode variar, de 1 g kg⁻¹ a 5 g kg⁻¹ de matéria seca, para a maioria das plantas cultivadas. HUMBERT (1984) considera como normais em cana-de-açúcar, os teores de fósforo de 0,04 a 0,2%, enquanto que para SARRUGE & HAAG (1974) os valores normais estão entre 0,1 e 0,5%.

Na aplicação do óleo de fúsel (dados não apresentados) o teor de fósforo na concentração 12,5% ficou em torno de 1,90 g kg⁻¹ sendo superiores aos valores encontrados com os outros subprodutos.

Potássio

A quantidade de potássio acumulado pelas plantas de cana-de-açúcar foi maior com aplicação de vinhaça do que com flegmaça. Esse comportamento decorre do fato de que a vinhaça, em sua composição, tem em maior quantidade o potássio.

Quanto às concentrações dos subprodutos, não foram observadas diferenças significativas para o conteúdo de potássio. A testemunha diferiu significativamente das parcelas que compõem o esquema fatorial, pois recebeu adição de 207 kg ha⁻¹ de KCl. A aplicação de flegmaça diferiu da vinhaça quanto ao conteúdo de K, devido à sua composição ser basicamente etanol e água.

Os teores encontrados nas plantas de cana-de-açúcar nesse experimento variaram de 14,73 a 19,18 g kg⁻¹ de matéria seca. Segundo PREVEDELLO & REISSMANN (2002) as concentrações de potássio nas plantas cultivadas variam de 10 a 50 g kg⁻¹ de matéria seca e são importantes na planta porque atuam na regulação osmótica e iônica, além de estar envolvido na manutenção do estado de água na planta. Para SARRUGE & HAAG (1974), o potássio é um dos macronutrientes exigidos pelas plantas, cuja concentração varia de 2 a 110 g kg⁻¹.

A aplicação do óleo de fúsel na concentração de 12,5% elevou o conteúdo de potássio para 24,10 g kg⁻¹, mas, como houve perda de repetições, este resultado não pode ser levado em consideração.

Cálcio

Segundo MALAVOLTA et al. (1997) a importância do cálcio nas plantas está relacionada na manutenção da integridade estrutural das membranas e paredes celulares.

A vinhaça e a flegmaça, em relação aos teores de cálcio nas plantas de cana-de-açúcar, não exerceram influência significativa. Os teores encontrados nas plantas cultivadas na presença de resíduos variaram de 1,99 g kg⁻¹ a 2,10 g kg⁻¹, os quais não diferiram dos valores encontrados no tratamento testemunha. Os teores de cálcio no experimento estão dentro do valor considerado normal para cana-de-açúcar, por

HUMBERT (1984), que é de 0,05 a 2%, e também por SARRUGE & HAAG (1974), de 0,02 a 5% na matéria seca.

O óleo de fúsel a 12,5 elevou para 2,90 g kg⁻¹ o teor de cálcio (dados não apresentados).

Magnésio

Segundo RAIJ (1991) uma das funções importantes do Mg é a participação na fotossíntese, na medida em que integra a estrutura da clorofila. Na média, os teores de magnésio não foram influenciados pelos resíduos testados. A concentração de 25,0% apresentou valores inferiores às demais doses, provavelmente como consequência de erro experimental. O desdobramento da interação subprodutos x concentrações (Tabela 8) revelou que o conteúdo de magnésio foi maior para flegmaça com 12,5%, enquanto que em 100,0% o maior conteúdo esteve associado à vinhaça.

As variações ocorridas para cada um dos subprodutos à medida que se aumentaram as concentrações dos mesmos, ocorreram de forma inversa. Quando se empregou vinhaça, o aumento na dose resultou em tendência de elevação dos teores de magnésio na planta. De forma contrária, a elevação da flegmaça promoveu redução nos teores de magnésio nas plantas de cana-de-açúcar.

Nesse experimento, os teores de magnésio nas plantas variaram de 1,71 a 2,18 g kg⁻¹, sendo considerados valores normais para cana-de-açúcar, de acordo com HUMBERT (1984) e SARRUGE & HAAG (1974).

Enxofre

A análise dos dados da Tabela 7, indicou haver diferença significativa entre vinhaça e flegmaça, quanto ao conteúdo de enxofre na cana-de-açúcar, pois com a aplicação de vinhaça o valor foi maior do que a flegmaça. A vinhaça utilizada nesse experimento tem origem no mosto misto e segundo CASAGRANDE et al. (2001) é uma

fonte de enxofre, o que pode ser comprovado pela sua composição (Tabela 2), que apresenta depois do potássio, a segunda maior quantidade de enxofre.

Entre as concentrações, não foram observadas diferenças significativas. Os valores para conteúdo de enxofre encontrados no experimento variaram de 2,32 a 3,00 g kg⁻¹ de matéria seca, e estão dentro da faixa estabelecida como ideal por PREVEDELLO & REISSMANN (2002), segundo os quais, a concentração de enxofre nas plantas em geral varia de 1,5 a 5 g kg⁻¹ de matéria seca.

Tabela 8. Desdobramento da interação entre os subprodutos (vinhaça e flegmaça) e suas concentrações de aplicação sobre o estado nutricional das plantas de cana-de-açúcar.

Variáveis	Conc. (v/v)	Subprodutos		F
		Vinhaça	Flegmaça	
N (g kg ⁻¹)	12,5	6,44 Aa	8,01 Aa	2,45 NS
	25,0	8,83 Aa	6,15 Ba	7,20 **
	50,0	7,54 Aa	6,60 Aa	0,88 NS
	100,0	6,56 Aa	5,96 Aa	0,36 NS
	F	2,45 NS	1,71 NS	
Mg (g kg ⁻¹)	12,5	1,85 Ba	2,35 Aa	7,21 *
	25,0	1,75 Aa	1,68 Ab	0,16 NS
	50,0	2,23 Aa	2,13 Aab	0,29 NS
	100,0	2,25 Aa	1,85 Bab	4,61 *
	F	3,78 NS	5,12 **	
Zn (mg kg ⁻¹)	12,5	11,50 Ba	14,00 Aa	7,67 **
	25,0	12,00 Aa	11,75 Aa	0,08 NS
	50,0	13,75 Aa	13,00 Aa	0,69 NS
	100,0	13,00 Aa	11,75 Aa	1,92 NS
	F	2,49 NS	2,91 NS	

(v/v) volume/volume; médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente; NS (não significativo); * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade. Letras maiúsculas – comparação na horizontal. Letras minúsculas – comparação na vertical.

Micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn)

Os subprodutos testados e suas concentrações não exerceram influência sobre os elementos cobre, ferro, manganês e zinco, como pode ser observado na Tabela 7.

Os teores de cobre encontrados na cana-de-açúcar, em média $2,00 \text{ mg kg}^{-1}$, foram inferiores ao valor considerado adequado por MALAVOLTA et al. (1997), que é de $8-10 \text{ mg kg}^{-1}$. ORLANDO F^o et al. (1979) constataram que a idade da cultura tem influência marcante no processo de absorção do cobre, sendo este o provável motivo dos valores encontrados, pois o experimento foi finalizado aos 40 DAT, quando as plantas de cana-de-açúcar estavam chegando ao teto da casa de vegetação.

O cobre, apesar de ser um metal pesado, também é um micronutriente sendo, portanto, indispensável a sua presença para um bom desenvolvimento das plantas (MELO, 2002). PREVEDELLO & REISSMANN (2002) comentam que o cobre participa do processo fotossintético e no transporte de elétrons e também tem função de lignificação da parede celular. Este elemento só é preocupante para a saúde humana e animal quando atinge níveis considerados tóxicos.

Quanto aos teores de ferro obtidos no experimento, são considerados normais para cana-de-açúcar, pois estão dentro da faixa de $20-600 \text{ mg kg}^{-1}$, estabelecida por HUMBERT (1984). Não foram encontradas diferenças significativas para os subprodutos ou concentrações testadas, apenas houve significância para o ferro na testemunha x fatorial, que pode ser explicada devido ao fato de que, dentre os micronutrientes presentes na composição da vinhaça, o ferro é o elemento em maior quantidade (Tabela 2).

Nesse experimento, a variação nos teores de manganês foi de $27,63$ a $35,25 \text{ mg kg}^{-1}$, portanto, dentro dos limites compreendidos por PREVEDELLO & REISSMANN (2002) como normais, que pode variar de 10 a 50 mg kg^{-1} de matéria seca para a maioria das plantas.

Embora não se observe efeito dos subprodutos quanto aos teores de zinco na cana-de-açúcar, verifica-se a ocorrência de interação significativa para subprodutos x concentrações. No desdobramento (Tabela 8), observa-se que a aplicação de vinhaça

na menor concentração (12,5%) proporcionou diminuição no conteúdo de zinco da cana-de-açúcar, em relação à mesma concentração da flegmaça. Os teores de zinco encontrados no experimento são considerados normais para a cana-de-açúcar, conforme HUMBERT (1984).

A aplicação do óleo de fúsel na concentração 12,5% no único tratamento que permaneceu até o final do experimento, ocasionou aumento dos teores de zinco (19 mg kg⁻¹ – dados não apresentados).

As funções do zinco na planta, de acordo com ORLANDO FILHO (2002) estão relacionadas à síntese do triptofano, que irá formar o AIA (ácido indolacético- hormônio indispensável ao crescimento das plantas) e também ativa enzimas que participam das reações metabólicas.

3.3.2. Plantas Daninhas

3.3.2.1. *Sida rhombifolia* L. (guanxuma)

Emergência (%)

A emergência de guanxuma semeada na camada superficial (aproximadamente de 1 cm) do solo, nos primeiros 10 DAT, não foi influenciada pela aplicação dos subprodutos, como se pode observar na Tabela 9. Entretanto, observa-se que a aplicação de vinhaça tende a aumentar a porcentagem de emergência quando comparada à testemunha.

Aos 20 e 40 DAT, verifica-se diferenças significativas entre vinhaça e flegmaça, pois a emergência de guanxuma é maior com a aplicação de flegmaça, sendo este comportamento indicativo de um possível efeito inibitório por parte da vinhaça e estimulante por parte da flegmaça. Esse possível efeito estimulante é demonstrado pela comparação das parcelas do tratamento testemunha com aqueles que compõem o esquema fatorial. A testemunha foi inferior às demais parcelas com subprodutos. Entre

as concentrações não foram observadas diferenças significativas, embora haja uma leve tendência em aumento da emergência com a diminuição da concentração.

Neste ensaio também houve aplicação de óleo de fúsel (dados não apresentados), mas devido à falta de dados não foi realizada análise estatística.

Apenas para observação, na concentração de 25,0% houve média de três plantas por vaso, enquanto em 12,5%, observou-se em média sete plantas por vaso, indicando uma tendência do óleo de fúsel em diminuir a porcentagem de emergência da guanxuma, o que só poderá ser comprovado com a instalação de um novo experimento e com outras concentrações.

Massa seca da parte aérea

Como pode ser observado na Tabela 9, embora a vinhaça, flegmaça e suas respectivas doses não tenham influenciado a produção de massa seca, as parcelas que receberam os subprodutos tiveram uma menor produção de massa seca do que as plantas do tratamento testemunha.

Os valores reduzidos de massa seca para *Sida rhombifolia* devem-se ao fato de que as plantas embora tenham emergido, não apresentaram desenvolvimento vegetativo normal, indicando que a presença de vinhaça ou flegmaça criaram condições de fertilidade do solo desfavoráveis ao desenvolvimento das mesmas.

A aplicação de óleo de fúsel, provocou redução da massa seca nas concentrações de 25,0 e 12,5%, enquanto que nas demais doses, as plantas não emergiram.

Composição química do material seco

A composição química do material seco das plantas de guanxuma não foi analisada estatisticamente, devido à falta de plantas suficientes para análise nos vasos. Os dados da soma de quatro repetições mostraram que neste experimento as plantas de *Sida rhombifolia* apresentaram a seguinte seqüência em ordem decrescente no

recrutamento de macronutrientes: K>N>Ca>Mg>P>S, diferentemente dos resultados encontrados por DEANGELO (1995) que foram: N>K>Ca>Mg>P>S, em plantas cultivadas em solução nutritiva. Ao se levar em conta estes resultados, esta diferença pode ser explicada pelo fato de que a vinhaça não possui os nutrientes balanceados, apresentando em maior quantidade o potássio, e possivelmente este fator pode ter influenciado no acúmulo de potássio além das necessidades da planta.

3.3.2.2. *Brachiaria decumbens* Stapf. (capim-braquiária)

Emergência (%)

De acordo com a Tabela 9, a vinhaça e a flegmaça não apresentaram diferenças significativas entre si quando aplicados em pré-emergência do capim-braquiária, exceto aos 20 DAT. Entretanto, nas parcelas que receberam um ou outro subproduto apresentaram índices de emergência inferiores aos encontrados no tratamento testemunha, especialmente aos 10 e 20 DAT.

O efeito negativo da vinhaça se fez presente quando a concentração empregada foi 100,0%, nas avaliações realizadas aos 10 e 20 DAT (Tabela 10). Esse comportamento não se verifica para a flegmaça. Uma das possíveis explicações para esse fato seria a elevação da osmolalidade nas proximidades dessa semente, de caráter transitório, que teria provocado retardamento na emergência das plantas.

Na última avaliação, aos 40 DAT (Tabela 9), os subprodutos e as concentrações não influenciaram a porcentagem de emergência do capim-braquiária, embora se observe tendência nesse sentido na concentração máxima testada. A comparação com o tratamento testemunha ressalta a influência negativa dos subprodutos testados sobre a emergência das plantas de capim-braquiária.

Tabela 9. Emergência de plântulas de *Sida rhombifolia* e *Brachiaria decumbens* aos 10, 20 e 40 dias após a aplicação dos tratamentos e massa seca produzida pelas plantas, no final do experimento. Efeitos da aplicação de vinhaça, flegmaça e suas concentrações. Resumo da análise estatística.

Variáveis	Emergência de <i>S. rhombifolia</i> (%) ¹⁷			Emergência de <i>B. decumbens</i> (%) ¹⁷			Massa seca (g)	
	10 DAT	20 DAT	40 DAT	10 DAT	20 DAT	40 DAT	<i>Sida rhombifolia</i>	<i>Brachiaria decumbens</i>
Subprodutos (A)								
Vinhaça	18,18	19,52 b	33,73 b	45,29	45,41 b	48,89	0,35	4,97
Flegmaça	17,80	22,62 a	38,15 a	46,34	48,66 a	48,59	0,27	4,92
Concentr. (B) – (v/v)								
12,5	17,59	22,93	36,55	46,88 ab	47,30 ab	48,20	0,32	7,24 a
25,0	17,27	21,53	38,41	47,38 a	48,62 ab	50,61	0,21	3,33 b
50,0	19,52	19,85	35,50	47,62 a	49,65 a	50,47	0,38	4,98 ab
100,0	17,59	19,96	33,30	41,39 b	42,58 b	45,66	0,32	4,23 ab
Testemunha	15,75	21,00	35,25	61,00	62,75	66,75	0,60	9,13
Teste F								
Subprodutos (A)	0,04 NS	4,44 *	4,39 *	0,50 NS	4,12 *	0,01 NS	1,68 NS	0,00 NS
Concentrações(B)	0,30 NS	0,99 NS	1,02 NS	4,01 *	3,82 *	0,87 NS	1,27 NS	3,34 *
A x B	1,64 NS	1,86 NS	1,05 NS	4,27 *	3,68 *	0,73 NS	1,14 NS	0,98 NS
Testemunha x fatorial	2,84 NS	8,41 **	0,05 NS	7,05 *	5,79 *	2,97 NS	9,41 **	9,33 **
CV (%)	28,72	19,13	16,56	9,02	9,49	14,28	52,77	47,7

¹⁷ Dados transformados em Arc sen (raiz ((x+0,5)/100)); DAT (dias após tratamento); (v/v) volume/volume; letras iguais não diferem estatisticamente; NS (não significativo); * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 10. Desdobramento da interação entre os subprodutos (vinhaça e flegmaça) e suas concentrações de aplicação sobre a emergência das plantas de *Brachiaria decumbens* aos 10 e 20 dias após aplicação dos tratamentos.

Variáveis	Conc. (v/v)	Subprodutos		F
		Vinhaça	Flegmaça	
Emergência (10 DAT)	12,5	49,33 A a	44,43 A a	2,73 NS
	25,0	47,02 A a	47,74 A a	0,06 NS
	50,0	48,21 A a	47,04 A a	0,16 NS
	100,0	36,62 B b	46,15 A a	10,35 **
	F	7,82 **	0,47 NS	
Emergência (20 DAT)	12,5	48,30 Aa	46,29 Aa	0,40 NS
	25,0	47,59 Aa	49,65 Aa	0,42 NS
	50,0	49,22 Aa	50,08 Aa	0,07 NS
	100,0	36,53 Bb	48,62 Aa	14,29 **
	F	6,94 **	0,56 NS	

(v/v) volume/volume; médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente; letras maiúsculas compara-se nas linhas e minúsculas nas colunas; NS (não significativo); * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

A aplicação do óleo de fúsel, nas maiores concentrações, não permitiu que nenhuma semente de capim-braquiária germinasse. Na concentração de 12,5% houve média de 11 plantas por vaso. Os dados não foram analisados estatisticamente devido à falta de repetições suficientes para a execução.

Massa seca da parte aérea

Na Tabela 9, observa-se que a vinhaça e a flegmaça não influenciaram a produção de massa seca do capim-braquiária. Entretanto, os valores obtidos na presença desses subprodutos foram inferiores aos obtidos no tratamento testemunha.

Em relação às concentrações testadas, observa-se que a menor concentração (12,5%), na média dos dois subprodutos, foi a que apresentou as maiores produções de massa seca.

Composição química do material seco

Na Tabela 11 encontram-se os resultados da análise de variância para o efeito dos subprodutos e suas concentrações de aplicação sobre o estado nutricional das plantas de capim-braquiária, ao final do experimento.

Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S)

Observando-se as Tabelas 7 e 11, verifica-se que, exceto para enxofre, as plantas de *Brachiaria decumbens* retiram muito mais nutrientes do solo do que a cana-de-açúcar. BLANCO et al. (1979) e BLANCO (1981) verificaram também que as espécies de plantas daninhas são grandes extratoras de nutrientes no solo.

O conteúdo de nitrogênio das plantas de *Brachiaria decumbens* não diferiu entre os subprodutos ou testemunha. As concentrações também não influenciaram as plantas, apenas nota-se uma leve tendência em aumento do nitrogênio conforme aumento da concentração dos subprodutos. Observa-se pela Tabela 11, que os teores de nitrogênio estiveram em torno de $9,0 \text{ g kg}^{-1}$ e que este elemento vem em segundo lugar no recrutamento de nutrientes pelo capim-braquiária. BLANCO et al. (2000) também verificaram o nitrogênio como sendo o segundo macronutriente requerido em maior quantidade pelas plantas de capim-braquiária crescendo em solução nutritiva.

Quanto ao fósforo, o maior conteúdo foi observado pela aplicação de vinhaça. Isto se deveu, provavelmente, ao fato de que em sua composição, a vinhaça tem como constituinte, também o fósforo. As concentrações não diferiram entre si, mas observou-se que a concentração de 100,0% apresentou tendência de maior conteúdo de fósforo.

Neste experimento, os teores de fósforo tiveram tendência de redução na testemunha que havia recebido o equivalente a 444 kg ha^{-1} de superfosfato simples. Segundo PREVEDELLO & REISSMANN (2002), existem diferenças entre espécies vegetais no aproveitamento do fósforo do solo, pois plantas com crescimento rápido e sistema radicular pouco desenvolvido aproveitam mal este elemento.

Tabela 11. Estado nutricional das plantas de *Brachiaria decumbens* aos 40 dias após a aplicação dos tratamentos. Efeitos da aplicação de vinhaça, flegmaça e suas concentrações. Resumo da análise estatística.

Variáveis	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹			
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
Subprodutos (A)										
Vinhaça	9,34	3,45 a	28,49 a	2,93	4,55 b	1,83	3,63 a	145,00	39,00	16,88
Flegmaça	9,09	3,04 b	26,93 b	3,06	5,94 a	1,69	3,00 b	176,44	37,31	15,19
Concentr. (B) – (v/v)										
12,5	9,22	2,99	26,11 b	3,04	5,51	1,61 b	3,13	168,00	32,63	15,38
25,0	8,12	3,48	28,78 a	3,00	4,73	2,14 a	3,50	183,38	40,25	16,75
50,0	9,65	2,96	28,35 a	2,98	5,45	1,51 b	3,25	117,50	37,00	16,00
100,0	9,89	3,55	27,59 ab	2,96	5,29	1,79 ab	3,38	174,00	42,75	16,00
Testemunha	9,28	2,80	26,98	3,50	5,78	1,58	2,00	111,00	46,00	16,50
Teste F										
Subprodutos (A)	0,24 NS	5,33 *	8,05 **	1,79 NS	7,22 *	1,67 NS	4,33 *	1,84 NS	0,25 NS	3,60 NS
Concentrações (B)	2,34 NS	3,05 NS	4,52 *	0,10 NS	0,48 NS	6,66 **	0,29 NS	1,62 NS	1,65 NS	0,40 NS
A x B	0,90 NS	0,60 NS	3,19 *	1,32 NS	1,66 NS	3,43 **	0,75 NS	0,41 NS	0,30 NS	0,36 NS
Testemunha x fatorial	0,01 NS	2,74 NS	0,78 NS	10,77 **	0,47 NS	1,38 NS	8,48 **	2,05 NS	2,36 NS	0,12 NS
CV (%)	15,73	15,83	5,64	9,54	27,55	17,29	26,84	42,20	24,65	15,64

(v/v) volume/volume; NS (não significativo); * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

BIANCO et al. (2000) estudaram o acúmulo de macronutrientes em plantas de capim-braquiária e constataram que o fósforo foi o elemento com menor acúmulo.

O óleo de fúsel (dados não apresentados) a 12,5% em duas repetições, reduziu para 2,2 g kg⁻¹ o conteúdo de P nas plantas de capim-braquiária.

Assim como para o fósforo, o conteúdo de potássio com a aplicação de vinhaça foi maior, existindo diferença significativa para a flegmaça e entre as concentrações dos subprodutos. Esse comportamento decorreu, muito provavelmente, do fato de que a vinhaça, em sua composição, tinha em maior quantidade o potássio, que é o componente que confere a este subproduto, o potencial de aplicação em fertirrigação no campo. O desdobramento da interação subprodutos x doses, na Tabela 12, mostra que a flegmaça diferiu da vinhaça com redução do conteúdo de potássio na concentração 12,5% e entre suas próprias doses.

Tabela 12. Desdobramento da interação entre os subprodutos vinhaça e flegmaça e suas concentrações de aplicação sobre o estado nutricional das plantas de *Brachiaria decumbens* aos 40 dias após aplicação dos tratamentos.

Variáveis	Conc. (v/v)	Subprodutos		F
		Vinhaça	Flegmaça	
K (g kg ⁻¹)	12,5	28,10 Aa	24,13 Bb	13,03 **
	25,0	29,18 Aa	28,38 Aa	0,53 NS
	50,0	28,03 Aa	28,68 Aa	0,35 NS
	100,0	28,65 Aa	26,53 Aab	3,72 NS
	F	0,47 NS	7,24 **	
S (g kg ⁻¹)	12,5	1,85 Aa	1,38 Bb	4,98 *
	25,0	2,00 Aa	2,28 Aa	1,67 NS
	50,0	1,45 Aa	1,58 Ab	0,34 NS
	100,0	2,03 Aa	1,55 Bb	4,98 *
	F	3,11 NS	6,98 **	

(v/v) volume/volume; médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente; letras maiúsculas compara-se nas linhas e minúsculas nas colunas; NS (não significativo); * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

Além do fato de que a vinhaça contém potássio em sua composição, também foi verificado por BIANCO et al. (2000) que na seqüência de acúmulo de nutrientes das plantas de capim-braquiária, o potássio foi o elemento presente em maior conteúdo.

PITELLI et al. (1976) avaliando a absorção de nutrientes em *Bidens pilosa* L. e BENETTI NETO (1977) em *Cenchrus echinatus* L. também constataram que o potássio foi o elemento absorvido em maior quantidade pelas plantas.

Com a aplicação do óleo de fúsel a 12,5% o conteúdo de potássio aumentou para 34,50 g kg⁻¹ (dados não apresentados).

Tanto a vinhaça quanto a flegmaça não influenciaram o acúmulo de cálcio pelas plantas de *Brachiaria decumbens*. Os teores de cálcio encontrados nas plantas cultivadas na presença dos resíduos, diferiram da testemunha, que recebeu adubação e provavelmente disponibilizou maior quantidade de cálcio às plantas.

Os vasos que receberam aplicação do óleo de fúsel na concentração 12,5%, em duas repetições, se apresentaram com teores de 3,2 e 2,3 g kg⁻¹ de cálcio, portanto, nos mesmos níveis daqueles que receberam aplicação de vinhaça e flegmaça.

A aplicação de flegmaça influenciou no maior acúmulo de magnésio pelas plantas de *Brachiaria decumbens*, pois proporcionou aumento deste elemento, quando comparada à vinhaça ou testemunha. Não houveram diferenças significativas entre a testemunha e as concentrações dos subprodutos.

O óleo de fúsel 12,5% proporcionou teores de magnésio em torno de 5 g kg⁻¹, (dados não apresentados), que estão entre os valores encontrados com a aplicação dos outros subprodutos.

Os subprodutos não influenciaram a absorção de enxofre pelas plantas, mas as concentrações apresentaram diferenças. No desdobramento da interação subprodutos x concentrações (Tabela 12), verifica-se que o conteúdo de enxofre foi maior para vinhaça, pois em sua composição, o segundo maior constituinte é o enxofre. Observa-se pela Tabela 11, que dentre os macronutrientes, o enxofre foi o elemento acumulado em menor quantidade pelas plantas de capim-braquiária.

Com a aplicação do óleo de fúsel, os teores de enxofre na concentração 12,5% foram similares aos obtidos com a aplicação de vinhaça e flegmaça (dados não apresentados).

Micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn)

A aplicação de vinhaça e flegmaça não influenciou no acúmulo de ferro, manganês e zinco pelas plantas de *Brachiaria decumbens*.

O conteúdo de cobre no capim-braquiária foi maior com a aplicação de vinhaça (3,63 mg kg⁻¹), devido à mesma apresentar este elemento em sua composição. O tratamento testemunha diferiu significativamente dos subprodutos, pois recebeu adubação mineral. Nos únicos tratamentos que puderam ser avaliados quanto a aplicação do óleo de fúsel 12,5%, os teores de cobre foram semelhantes aos outros subprodutos.

Os teores de ferro encontrados nesse experimento, variaram de 111 a 183 mg kg⁻¹. Observa-se que os teores extraídos são maiores para *Brachiaria decumbens* do que em cana-de-açúcar, pois segundo BLANCO et al. (1979) e BLANCO et al. (1981) mencionaram, as espécies de plantas daninhas são grandes extratoras de nutrientes no solo. Apesar de ser um metal pesado, de acordo com MELO (2002), o cobre é indispensável para um bom desenvolvimento das plantas.

Na aplicação do óleo de fúsel 12,5%, os teores de ferro variaram de 85-87 mg kg⁻¹ (dados não apresentados), sendo dentre todos os tratamentos, os teores mais reduzidos.

Os teores de manganês nas plantas de *Brachiaria decumbens*, não foram influenciados pela aplicação dos subprodutos. O tratamento testemunha apresentou o maior teor de manganês para as plantas, embora não sendo diferente estatisticamente. Neste experimento, os teores de manganês variaram de 32,63 a 46 mg kg⁻¹.

Quando foi aplicado o óleo de fúsel na concentração 12,5%, os teores ficaram em torno de 49 e 67 mg kg⁻¹ (dados não apresentados), sendo superiores aos encontrados na Tabela 11.

O zinco, indispensável ao crescimento das plantas, de acordo com ORLANDO FILHO (2002), não foi influenciado pela aplicação de vinhaça e flegmaça. As aplicações dos subprodutos, em suas quatro concentrações, não apresentaram diferenças no teor deste micronutriente.

Para a aplicação do óleo de fúsel, não houve variação dos teores ($15-17 \text{ mg kg}^{-1}$) sendo iguais aos outros tratamentos.

3.3.3. Fertilidade do solo

Na Tabela 13 são apresentados os resultados analíticos obtidos para os principais atributos químicos do solo, avaliados em amostras coletadas ao final do experimento.

Macronutrientes

Quanto ao fósforo, verifica-se não haver diferenças significativas entre os teores disponíveis no solo, mediante a aplicação dos diferentes subprodutos. Nem mesmo as diferentes concentrações resultaram em diferenças significativas, embora se visualize tendência de diminuição do conteúdo de fósforo com o aumento das concentrações. A disponibilidade de fósforo no tratamento testemunha foi maior do que nos demais tratamentos, pois recebeu superfosfato simples como fonte de fósforo. Os teores de fósforo encontrados ao final do experimento variaram de $12,81$ a $19,50 \text{ mg dm}^{-3}$.

Para o potássio, os três subprodutos aplicados diferiram significativamente, sendo que a vinhaça apresentou os maiores teores de potássio ($2,24 \text{ mmol} \text{ dm}^{-3}$), seguida por óleo de fúsel e flegmaça, com menores teores. De acordo com RAIJ et al. (1996), os resultados de fertilidade obtidos nesse experimento, são classificados como baixo para flegmaça e óleo de fúsel e médio para aplicação de vinhaça. As concentrações dos subprodutos diferiram entre si, pois à medida que aumentaram as concentrações, também foi aumentado o conteúdo de potássio, provavelmente influenciado pelas regas diárias dos vasos. O tratamento testemunha diferiu dos demais, apresentando reduzido valor de potássio. O desdobramento da interação subprodutos x concentrações (Tabela 14) evidencia que o efeito de concentrações deve-se exclusivamente à vinhaça.

Tabela 13. Atributos químicos do solo determinados ao final do experimento. Jaboticabal, 2003.

Variáveis	P ₂ O ₅ Resina (mg dm ⁻³)	K ₂ O	CaO	MgO (mmol _c dm ⁻³)	H+Al	Al	M.O. (g dm ⁻³)	pH CaCl ₂	V (%)
Subprodutos (A)									
Vinhaça	14,31	2,24 a	15,38 b	5,94	21,56 b	0,51 b	15,31	5,18 a	51,56
Óleo fúsel	12,81	1,43 b	17,00 a	6,06	23,25 a	1,73 a	16,56	4,98 b	50,69
Flegmaça	14,31	0,76 c	16,25 ab	5,63	22,56 ab	0,61 b	16,19	5,08 ab	50,06
Concentr. (B) – (v/v)									
12,5	14,33	0,90 c	16,67	6,25	21,75	0,60 b	15,92	5,20 a	50,75 ab
25,0	14,00	1,29 bc	16,50	5,42	21,75	0,59 b	15,42	5,12 ab	47,75 b
50,0	13,50	1,58 b	15,33	5,83	23,00	1,35 a	16,33	5,02 ab	54,25 a
100,0	13,42	2,15 a	16,33	6,00	23,33	1,25 a	16,42	4,98 b	53,50 ab
Testemunha	19,50	1,03	15,75	4,50	24,75	0,55	15,25	4,93	48,5
F									
Subprodutos (A)	2,24 NS	68,09 **	3,32 *	0,93 NS	3,22 *	79,81 **	2,84 NS	5,25 **	0,92 NS
Concentrações(B)	0,42 NS	25,67 **	1,35 NS	1,69 NS	2,30 NS	21,60 **	1,09 NS	4,30 **	1,66 NS
A x B	0,76 NS	19,75 **	2,63 *	0,42 NS	2,56 *	28,09 **	0,75 NS	3,43 **	3,81 **
Testemunha x fatorial	22,26 **	5,89 *	2,75 NS	8,01 **	5,41 *	6,30 *	0,95 NS	2,99 NS	1,93 NS
CV (%)	16,25	24,90	10,93	16,18	8,36	33,20	9,54	3,34	6,21

NS (não significativo); (v/v) volume/volume; * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

Segundo GLÓRIA & ORLANDO FILHO (1983) os teores de nutrientes aumentam no solo tratado com vinhaça devido à composição desta (ação direta) e pela disponibilidade dos nutrientes em função do aumento de pH (ação indireta).

A aplicação dos subprodutos testados não promoveu variações significativas nos teores de cálcio no solo, quando se compara com o tratamento testemunha. Os maiores teores foram encontrados com o emprego do óleo de fúsel e flegmaça.

Em linhas gerais, não se verificou diferenças entre os teores de cálcio no solo em função das concentrações testadas. Os valores encontrados com aplicação dos subprodutos na fertilidade do solo são classificados por RAIJ et al. (1996) como alto.

A disponibilidade de magnésio no solo não foi influenciada de forma específica pelos subprodutos aplicados ou suas concentrações, as quais diferiram apenas da testemunha, que apresentou o menor teor. Não se observou, pela análise estatística, a ocorrência de interações significativas entre os fatores estudados. O nível de fertilidade do solo quanto ao magnésio, com a aplicação dos subprodutos nesse experimento, é classificado como baixo a médio, de acordo com RAIJ et al. (1996).

H + Al (Acidez potencial)

Observa-se que o maior valor da acidez potencial foi verificado com a aplicação do óleo de fúsel, que diferiu apenas da vinhaça. Em relação ao tratamento testemunha, verifica-se que a aplicação dos três subprodutos reduziu a acidez potencial. No experimento, a testemunha apresentou solos com acidez potencial maior do que os solos submetidos a aplicação dos três subprodutos. As concentrações testadas não influenciaram a acidez potencial do solo.

A interação subprodutos x concentrações foi significativa e pelo desdobramento na Tabela 14, observa-se que a concentração 50,0% de vinhaça diferiu dos outros subprodutos com menor valor de acidez potencial. Entre as concentrações da vinhaça não foram observadas diferenças significativas. Para a aplicação do óleo de fúsel, as concentrações 12,5 e 25,0% apresentaram menor valor e não diferiram entre si, mas

sim de 50,0 e 100,0%. Na aplicação de flegmaça não foram observadas diferenças significativas entre as concentrações.

Tabela 14. Desdobramento da interação entre os subprodutos (vinhaça, óleo de fúsel e flegmaça) e suas concentrações de aplicação sobre a composição química do solo cultivado com cana-de-açúcar.

Variáveis	Conc. (v/v)	Subprodutos			F
		Vinhaça	Óleo fúsel	Flegmaça	
K (mmol _c dm ³)	12,5	0,95 Ac	0,85 Ab	0,90 Aa	0,08 NS
	25,0	1,55 Ac	1,73 Aa	0,60 Ba	11,34 **
	50,0	2,33 Ab	1,65 Ba	0,75 Ca	19,32 **
	100,0	4,15 Aa	1,50 Bab	0,80 Ca	96,60 **
	F	59,76 **	4,92 **	0,48 NS	
Ca (mmol _c dm ³)	12,5	16,00 Aa	16,75 Aab	17,25 Aa	0,50 NS
	25,0	14,25 Ba	19,50 Aa	15,75 Ba	9,18 **
	50,0	15,00 Aa	15,00 Ab	15,00 Aa	0,42 NS
	100,0	15,25 Aa	16,75 Aab	17,00 Aa	1,12 NS
	F	0,86 NS	4,34 **	1,41 NS	
H+Al (mmol _c dm ³)	12,5	22,25 Aa	20,75 Ab	22,25 Aa	0,84 NS
	25,0	21,25 Aa	21,50 Ab	22,50 Aa	0,49 NS
	50,0	20,75 Ba	25,50 Aa	22,75 ABa	6,35 **
	100,0	22,00 Aa	25,25 Aa	22,75 Aa	3,23 NS
	F	0,53 NS	6,84 **	0,06 NS	
Al (mmol _c dm ³)	12,5	0,60 Aa	0,58 Ac	0,63 Aa	0,03 NS
	25,0	0,45 Aa	0,63 Ac	0,70 Aa	0,71 NS
	50,0	0,40 Ba	3,20 Aa	0,45 Ba	110,72 **
	100,0	0,58 Ba	2,52 Ab	0,65 Ba	52,64 **
	F	0,40 NS	76,87 **	0,51 NS	
pH	12,5	5,18 Aa	5,30 Aa	5,13 Aa	1,14 NS
	25,0	5,18 Aa	5,13 Aa	5,05 Aa	0,55 NS
	50,0	5,20 Aa	4,80 Bb	5,05 ABa	5,71 **
	100,0	5,15 Aa	4,70 Bb	5,08 Aa	8,13 **
	F	0,06 NS	10,92 **	0,17 NS	
V%	12,5	50,75 Aab	53,75 Aa	52,25 Aa	0,91 NS
	25,0	47,75 Ab	53,00 Aab	48,75 Aa	3,15 NS
	50,0	54,25 Aa	47,25 Bb	48,00 Ba	5,99 **
	100,0	53,50 Aab	48,75 Aab	51,25 Aa	2,29 NS
	F	3,54 *	4,09 *	1,65 NS	

(v/v) volume por volume; Letras maiúsculas compara-se nas linhas e minúsculas nas colunas; médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente; NS (não significativo); * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

Alumínio

Os valores de alumínio (Tabela 13) indicam que houve diferença significativa do alumínio no solo dos vasos, com a aplicação do óleo de fúsel. Verificou-se que o valor de pH 4,98, que é o mais baixo, está relacionado ao maior conteúdo de alumínio, que foi de $1,73 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para aplicação do óleo de fúsel. Esta informação é bastante interessante, pois como visto anteriormente, com a aplicação do óleo de fúsel, todas as plantas morreram. Apenas ficaram até o final do experimento, dois vasos com plantas na dose 12,5%, sendo um indicativo de que concentrações reduzidas deste subproduto devem ser testadas, para que se possa conhecer os efeitos tóxicos ou não às plantas.

Observa-se a ocorrência de interação significativa subprodutos x concentrações para alumínio no solo. Pelo desdobramento na Tabela 14, verifica-se que as concentrações de 50,0 e 100,0% de vinhaça e flegmaça, que tiveram menor conteúdo de alumínio diferiram significativamente do óleo de fúsel, que, nas concentrações 50,0 e 100,0% apresentou os maiores teores e diferiu das demais concentrações.

Matéria orgânica do solo

Em relação aos teores de matéria orgânica do solo, não foi verificada a ocorrência de interações significativas entre os fatores analisados. Na Tabela 13 observa-se que os teores encontrados nos vasos contendo o tratamento testemunha, ocorreram nos mesmos níveis obtidos nos tratamentos que receberam aplicação de vinhaça, flegmaça e óleo de fúsel.

pH

Os valores de pH do solo, após o final do experimento diferiram entre vinhaça e óleo de fúsel. A aplicação de vinhaça elevou o pH do solo para 5,18 enquanto que o óleo de fúsel diminuiu para 4,98.

Segundo SILVA & SILVA (1986) apesar de a vinhaça apresentar características ácidas (pH em torno de 4,0), sua adição ao solo provoca elevação do pH. Esta elevação é consequência do efeito da matéria orgânica da vinhaça, que uma vez adicionada ao solo, complexa o alumínio do mesmo, além da introdução de cátions básicos, conduzindo o pH a níveis próximos da alcalinidade. Para FERREIRA & MONTEIRO (1987), a variação do pH é a característica mais alterada pela adição da vinhaça, devido à ação dos fungos sobre a matéria orgânica.

As concentrações dos subprodutos diferiram quanto ao pH. A análise estatística detectou interação significativa para subprodutos x concentrações. No desdobramento da interação (Tabela 14) observa-se que o óleo de fúsel provocou redução do pH conforme as concentrações aumentaram.

Os valores obtidos de pH do solo oscilaram entre 4,98 a 5,18. RAIJ et al. (1996) classificam a acidez dos solos em função do pH, e, valores entre 5,6 e 6,0 são caracterizados como acidez baixa. Além destes limites, a acidez é classificada como sendo muito baixa.

Saturação por bases

No que se refere aos valores de saturação por bases obtidos no experimento não foram observadas diferenças significativas entre os subprodutos. As alterações provocadas pelas diferentes concentrações testadas ocorreram de forma aleatória sem um sentido definido.

Na Tabela 13 verifica-se interação significativa para subprodutos x concentrações. No desdobramento da interação (Tabela 14) observou-se que a aplicação de óleo de fúsel e flegmaça a 50,0%, foram os tratamentos onde se obtiveram os menores valores para saturação por bases. Dentro das concentrações do óleo de fúsel verificou-se que existem diferenças, pois a menor concentração (12,5%) diferiu de 50,0%. Para vinhaça, a concentração 25,0% diferiu, significativamente, com menor valor, da concentração de 50,0%. De acordo com RAIJ et al. (1985) os valores de saturação por bases encontrados neste experimento podem ser considerados de baixo a médio.

3.4. Conclusões

- A aplicação de vinhaça e flegmaça, em suas diferentes concentrações, não influenciou o desenvolvimento das plantas de cana-de-açúcar.
- A aplicação do óleo de fúsel levou à morte, em 24 horas, todas as plantas de cana-de-açúcar.
- Para cana-de-açúcar, a vinhaça proporcionou maior acúmulo de fósforo e potássio.
- A aplicação da vinhaça reduziu a emergência de *Sida rhombifolia*, dos 20 aos 40 DAT, não apresentando diferenças entre as concentrações dos subprodutos.
- As concentrações de vinhaça diminuíram a porcentagem de emergência de *Brachiaria decumbens* até os 20 DAT.
- Os teores de fósforo, potássio e cobre existentes nas folhas de *Brachiaria decumbens* foram aumentados com a aplicação da vinhaça.
- O solo teve seus atributos químicos alterados, sendo que a vinhaça aumentou o potássio e pH; a flegmaça e o óleo de fúsel aumentaram os teores de cálcio e acidez potencial, enquanto que o óleo de fúsel elevou os teores de Alumínio.

3.5. Referências

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27. 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. 32p. [T025-3 CD-ROM].

BALBO JR, L. **Estudos preliminares dos efeitos da vinhaça sobre a emergência e desenvolvimento inicial de plantas daninhas. I – Fedegoso (*Cassia tora* L.).** 1984. 41f. Monografia (Trabalho de graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1984.

BENETTI NETTO, J. **Absorção de nutrientes em *Cenchrus echinatus* L.** 1977. 35f. Monografia (Trabalho de graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1977.

BIANCO, S. et al. Produção de matéria seca e marcha de absorção de macronutrientes por plantas de capim-braquiária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22. 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Londrina, PR: SBCPD, 2000. p.61.

BJORKMAN, O.; DEMMING, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. **Planta**, New York, v.170, n.4, p.489-504, 1987.

BLANCO, H. G.; OLIVEIRA, D. A.; ARAÚJO, J. B. M. Competição entre plantas daninhas e a cultura da cana-de-açúcar. I. Período crítico de competição produzido por uma comunidade natural de dicotiledôneas em cultura de ano. **Biológico**, São Paulo, v. 45, n.7/8, p.131-140, 1979.

BLANCO, H. G.; OLIVEIRA, D. A.; COLETI, J. T. Competição entre plantas daninhas e a cultura da cana-de-açúcar. II. Período de competição produzido por uma comunidade natural de mato, com predomínio de gramíneas, em cultura de ano. III – Influência da competição na nutrição da cana-de-açúcar. **Biológico**, São Paulo, v. 47, n.3, p.77-88, 1981.

CASAGRANDE, A.A. et al. Influência da vinhaça no teor de enxofre de um solo manejado por sistema mecanizado de cana crua e queimada. **Stab: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v.19, n.3, p.36-38, 2001.

CASTRO, P.R.C. Efeitos da luminosidade e da temperatura na fotossíntese e produção e acúmulo de sacarose e amido na cana-de-açúcar. **Stab: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v.20, n.5, p.32-33, 2002.

CECHIN, I. Uso de sistemas portáteis de fluorescência na avaliação do estresse. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 20. 1996, São Carlos. Universidade Federal de São Carlos, 1996. p.1-28.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; BACCHI, O.O.S. Efeito da aplicação de vinhaça sobre a população e controle químico de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) **Planta Daninha**, Campinas, v.8, n.1/2, p.60-70, 1985.

DEANGELO, R. **Crescimento e nutrição mineral de *Sida rhombifolia* L.** 1995. 77f. Monografia (Trabalho de graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1995.

ENRIQUEZ, M.; SANZ, J.; CANO, M. Preliminary analysis by gas chromatography and mass spectrometry (GC/MS) of fusel oil originating from three Cuban sugar factories. **Revista ICIDCA sobre los derivados de la Cana de Azucar**, v.1, n.23, p.34-39, 1989.

ESPIRONELO, A. Cana-de-açúcar. In: RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1992. 107p. (Boletim Técnico, 100).

FERREIRA, E. S.; MONTEIRO, A. O. **Efeitos da aplicação da vinhaça nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo**. São Paulo: COPERSUCAR, 1987. p. 3-7 (Boletim Técnico Copersucar, 36).

GLORIA, N. A. da. **Uso Agronômico de resíduos**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20. 1992, Piracicaba: Esalq/USP, 1992. p.1-17.

GLORIA, N. A. da; ORLANDO FILHO, J. Aplicação da vinhaça como fertilizante. **Boletim Técnico Planalsucar**, v.5, n.1, p.1-38, 1983.

HUMBERT, R.P. **El cultivo de la cana de azucar**. 6. ed. México: Editorial Continental S.A., 1984. 719p.

KALE, U. M. Glance at distillery by-products. In: TECHNICAL PAPERS OF THE FORTIETH ANNUAL CONVENTION OF THE DECCAN SUGAR TECHNOLOGISTS' ASSOCIATION, 40; 1990, Pune, India, part 1. 1990, p.B1-B6.

KRAUSE, G.H.; WEIS, E. Chlorophyll Fluorescence and Photosynthesis: The basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.42, p.313-349, 1991.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, Rima, 531p., 2000.

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

MELO, V.P. **Propriedades químicas e disponibilidade de metais pesados para a cultura do milho em dois latossolos que receberam a adição de bio sólido**. 2002. 134f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

MEYER, J.H. The role of phosphorus in the production of sugarcane in South Africa. **Phosphorus in Agriculture**, London, v.78, p.23-32, 1980.

ORLANDO FILHO, J. Soluções de campo – O zinco e a cana-de-açúcar. **Stab**: açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, v.20, n.5, p.14, 2002.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO Jr. E.; HAAG, H.P. Influência do solo na absorção de cobre pela cana-de-açúcar, variedade CB 41-76, em função da idade. In: CONGRESSO NACIONAL DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 1., 1979, Maceió. **Anais...** Maceió: STAB, 1979. p.304-314.

PÉREZ, E. R.; CARDOSO, D. R.; FRANCO, D. W. Análise dos álcoois, ésteres e compostos carbonílicos em amostras de óleo fúsel. **Química Nova**, São Paulo, v.24, n.1, p.10-12, 2001.

PITELLI, R.A.; MELO, W.J.; COSTALLAT, R.F. Absorción de nutrientes y su distribución en *Bidens pilosa* L. In: CONGRESSO DE LA ASSOCIACION LATINOAMERICANA DE MALEZAS, 3., 1976, Mar del Plata. **Anais...** p.169-181.

PREVEDELLO, B.M.S.; REISSMANN, C.B. Nutrição mineral das plantas. In: WACHOWICZ, C.M.; CARVALHO, R.I.N. (Org.). **Fisiologia Vegetal**: produção e pós-colheita. Curitiba: Champagnat, 2002. p.115-133.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: CERES, 1991. 343p.

RAIJ, B. van et al. (ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo – Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1985. 107p. (Boletim Técnico, 100).

ROSSETO, R. et al. Produtividade e nutrientes na cana-de-açúcar em solo tratado com composto de lixo urbano. **Stab:** açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, v. 20, n.4, p.28-31, 2002.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Departamento de Química – Setor de Nutrição de Plantas, 1974. 56p. Apostila.

SILVA, M.A. da; SILVA, G.L. da. Utilização agrícola da vinhaça e demais efluentes líquidos. **Álcool e Açúcar**, São Paulo, v.6, n.31, p.12-25, 1986.

SOBRAL, A.F. et al. Adubação nitrogenada em cana-planta no nordeste do Brasil. **Stab:** açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, v.1, n.5, p.29-34, 1983.

WILLADINO, L.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. Comparação de dez variedades de cana-de-açúcar quanto à absorção de fósforo na fase inicial de crescimento. **Stab:** açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, v.6, n.3, p.20-22, 1988.