

**INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA
NELICE APARECIDA FERNANDES ALVES**

**FITORREMEDIAÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM DICLOSULAM
UTILIZANDO *Cajanus cajan*, *Mucuna cinerea* e *Avena strigosa***

SÃO JOÃO EVANGELISTA

2016

NELICE APARECIDA FERNANDES ALVES

**FITORREMEDIÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM DICLOSULAM
UTILIZANDO *Cajanus cajan*, *Mucuna cinerea* e *Avena strigosa***

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador Prof. Me. Alisson José Eufrásio de Carvalho

SÃO JOÃO EVANGELISTA

2016

NELICE APARECIDA FERNANDES ALVES

**FITORREMEDIÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM DICLOSULAM
UTILIZANDO *Cajanus cajan*, *Mucuna cinerea* e *Avena strigosa***

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em /...../.....

BANCA EXAMINADORA

Orientador Prof. Me. Alisson José Eufrásio de Carvalho

Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista

Mestranda: Ramony Cristina Lima

Instituição: Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Dr. Rafael Carlos dos Santos

Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista

DEDICATÓRIA

A DEUS, por ter me concedido a graça de concluir mais uma etapa de minha caminhada com determinação e ter me proporcionado saúde e sabedoria para suportar esta jornada e saber lidar com todas as situações vivenciadas durante este período. Aos meus pais “Zé Alves e Natália”, que com grande dedicação e amor, juntos formam a base de minha Formação. Aos meus irmãos Nelson e Dorinha pelo apoio. Ao meu namorado Agostinho, pelo incentivo e compreensão. Aos meus sobrinhos. E a todos que acreditaram em mim, com carinho.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e pela graça alcançada. Aos meus pais “José e Natália”, pelo apoio, carinho, compreensão e amor. Aos meus irmãos Nelson e Dorinha, pelo apoio. Ao meu namorado Agostinho pelo incentivo incondicional. Ao orientador, professor Me. Alisson José Eufrásio de Carvalho. Obrigado pelos inúmeros ensinamentos transmitidos, por todas as vezes que precisei, e me ajudou. As amigas Hingrid e Lanna pela valorosa contribuição no trabalho em equipe. Ao Instituto Federal de Minas Gerais campus São João Evangelista, pela oportunidade de realização desta graduação. IFMG pelas bolsas concedidas ao longo do curso. A todos os professores do curso de Bacharelado em Agronomia do IFMG-SJE. Ao professor Aderlan; orientador de projetos de extensão. Aos funcionários do viveiro do IFMG e do laboratório. A todos que de forma direta ou indireta me ajudaram na execução deste trabalho.

Epígrafe

"A vida sempre me ensinou que dificuldades existem para serem superadas. Aliás, dificuldades todos têm. Uns mais, outros menos, mas todos enfrentam obstáculos para alcançar seus sonhos. O que diferencia as pessoas é exatamente a forma como elas reagem diante das resistências do cotidiano. Uns se acovardam e se deixam dominar. Outros veem nas dificuldades grandes oportunidades de crescimento, de evolução pessoal."

Rolando Valcir Spanholo

RESUMO

Espécies de adubos verdes tolerantes ao herbicida diclosulam podem ser utilizadas em rotação de culturas para diminuir o efeito fitotóxico subsequente desse herbicida em plantas sensíveis, como o girassol, brássicas e o milho. Este estudo teve como objetivo avaliar a tolerância de adubos verdes ao diclosulam e a capacidade dessas plantas em diminuir o efeito fitotóxico do herbicida no bioindicador *Helianthus annuus*. Foram avaliadas, em casa de vegetação, três doses do herbicida diclosulam (0, 0,015, 0,030 e 0,060 kg i.a. ha⁻¹) em pré emergência dos adubos verdes *Cajanus cajan*, *Mucuna cinerea*, *Avena strigosa*. Adotou o delineamento em blocos ao acaso em arranjo fatorial 4 x 3, sendo quatro doses do herbicida e três espécies vegetais, em 5 repetições. Após 60 dias da emergência as plantas foram cortadas na altura do coleto e a parte aérea pesada e seca em estufa em seguida foi semeado o *H. annuus* como bioindicador do herbicida diclosulam. Os resultados apontaram o *C. cajan* como a espécie indicada em reduzir o efeito fitotóxico do diclosulam em culturas agrícolas sensíveis e não recomendação da *Mucuna cinerea* como fitorremediadora para o herbicida diclosulam.

Palavras-chave: adubos verdes, descontaminação, seleção de plantas, agroquímicos.

ABSTRACT

Diclosulam herbicide tolerant green manure species may be used in crop rotation to decrease the subsequent phytotoxic effect of this herbicide on sensitive plants such as sunflower, brassica and maize. This study aimed to evaluate the tolerance of green manures to diclosulam and the ability of these plants to decrease the phytotoxic effect of the herbicide on the bioindicator *Helianthus annuus*. Three doses of the diclosulam herbicide (0, 0.015, 0.030 and 0.060 kg a.i. ha⁻¹) were evaluated in a greenhouse in the pre-emergence of the green manures *Cajanus cajan*, *Mucuna cinerea*, *Avena strigosa*. A randomized block design was used in a 4 x 3 factorial arrangement, with four herbicide doses and three plant species, in 5 replicates. After 60 days of emergence, the plants were cut at the time of collection and the weeds were weighed and dried in a greenhouse, after which *H. annuus* was seeded as a bioindicator of the herbicide diclosulam. The results indicated the *C. cajan* as the indicated species in reducing the phytotoxic effect of diclosulam in sensitive agricultural crops and no recommendation of *Mucuna cinerea* as phytoremediation for the herbicide diclosulam.

Key words: green manures, decontamination, plant selection, agrochemicals.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	FITORREMEDIAÇÃO	11
2.2	DICLOSULAM	12
2.3	FEIJÃO GUANDU (<i>CAJANUS CAJAN</i>).....	13
2.4	MUCUNA CINZA (<i>MUCUNA CINEREA</i>).....	13
2.5	AVEIA PRETA (<i>AVENA STRIGOSA</i>).	14
3	METODOLOGIA/ MATERIAIS E MÉTODOS	15
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1	MASSA FRESCA E SECA DA PARTE AÉREA DAS FITORREMEDIADORAS	18
4.2	MASSA FRESCA E SECA DA PARTE AEREA DAS PLANTAS DE GIRASSOL...	19
4.3	ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) DAS PLANTAS DE GIRASSOL.....	20
4.4	ALTURA DO GIRASSOL.	21
4.5	FITOTOXICIDADE DAS PLANTAS FITORREMEDIADORAS	21
4.6	FITOTOXICIDADE DAS PLANTAS GIRASSOL.....	24
5	CONCLUSÃO.....	26
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química da camada arável (0 – 20 cm) do solo utilizado no experimento.	15
Tabela 2 - Avaliação de fitotoxicidade de acordo com a escala de Alam (1974).....	16
Tabela 3 - Média da Composição química da camada arável (0 – 20 cm) do solo contido nas unidades amostrais do experimento.	17
Tabela 4 - Resumo da análise de variância com os dados dos atributos avaliados das espécies fitorremediadoras do diclosulam.....	18
Tabela 5 - Massa fresca da parte aérea de espécies utilizadas para fitorremediação do diclosulam.....	18
Tabela 6 - Resumo da análise de variância com os dados dos atributos avaliados na cultura do girassol cultivado em sucessão a espécies fitorremediadoras.	19
Tabela 7 - Resumo da análise de variância do índice de velocidade de germinação avaliado na cultura do girassol cultivado em sucessão a espécies fitorremediadoras.....	20
Tabela 8 - Resumo da análise de variância da altura avaliada na cultura do girassol cultivado em sucessão a espécies fitorremediadoras.....	21
Tabela 9 - Resumo da análise de variância do índice de toxicidade avaliado nas espécies fitorremediadoras.....	22
Tabela 10 - Porcentagem de fitotoxicidade das espécies fitorremediadoras cultivada em solo tratado com doses crescentes de diclosulam.....	22
Tabela 11 - Porcentagem de fitotoxicidade das espécies fitorremediadoras cultivada em solo tratado com diclosulam.....	22
Tabela 12 - Porcentagem de fitotoxicidade das espécies fitorremediadoras cultivada em solo tratado com diclosulam em três avaliações após o plantio.	23
Tabela 13 - Porcentagem de fitotoxicidade das fitorremediadoras cultivada em solo tratado com doses crescentes de diclosulam.....	23
Tabela 14 - Porcentagem de fitotoxicidade de espécies fitorremediadoras aos 15, 30 e 45 dias após aplicação de diclosulam.....	24
Tabela 15 - Resumo da análise de variância do índice de toxicidade avaliado na cultura do girassol cultivado em sucessão as espécies fitorremediadoras.....	24
Tabela 16 - Efeito de toxicidade das doses de herbicida para as plantas de girassol plantadas após o cultivo de fitorremediadora.....	25

Tabela 17 - Porcentagem de fitotoxicidade da cultura do girassol cultivado em sucessão a espécies fitorremediadoras de diclosulam	25
---	----

1 INTRODUÇÃO

A contaminação do solo e da água por agentes xenobioticos tem despertado a preocupação quanto o desenvolvimento de formas para reversão deste processo. Uma das formas encontradas é utilização fitorremediação, plantas que possuem a capacidade de extração e degradação destas moléculas do solo.

A fitorremediação pode ser usada em solos contaminados com substâncias orgânicas ou inorgânicas, como metais pesados, elementos contaminantes, hidrocarbonetos de petróleo, agrotóxicos, explosivos, solventes clorados e subprodutos tóxicos da indústria (CUNNINGHAM et al., 1996). É uma tecnologia viável do ponto de vista econômico em relação outras formas de remediação empregadas. A utilização de plantas com características de suportar e, simultaneamente, remover ou degradar determinados compostos, pode significar uma possibilidade interessante na agricultura (PIRES et al., 2003 a)

O tempo de permanência dos herbicidas no solo está sujeito às variações edafoclimáticas e das particularidades químicas de suas moléculas, podendo conservar-se no solo por extensos períodos, e até mesmo comprometer o desenvolvimento de culturas sucessivas (ANDERSON, 1983).

O emprego da fitorremediação é fundamentado na seletividade, espontânea ou desenvolvido, que determinadas espécies possuem a definidos tipos de compostos ou mecanismos de ação (PIRES et al., 2003 b). Neste cenário as possibilidades de emprego da fitorremediação em solos contaminados com herbicidas vêm ganhando destaque. Diversas pesquisas têm sido realizadas, no intuito de oferecer uma tecnologia acessível e economicamente viável para uma gama cada vez maior de herbicidas.

O diclosulam é um herbicida do grupo químico triazolo pirimidina sulfonilidas, para o controle de dicotiledôneas em pré-semeadura incorporada ou em pré-emergência na cultura de soja. Esse composto atua inibindo a enzima acetolactato sintase (ALS), a qual é essencial para a síntese de aminoácidos valina, leucina e isoleucina (RODRIGUES & ALMEIDA, 2011).

O diclosulam quando presente no meio ambiente é tóxico para organismos aquáticos, altamente tóxicos para algas, altamente persistente no meio ambiente, altamente móvel, apresentando alto potencial de deslocamento, podendo atingir principalmente águas subterrâneas (AGROSCIENCES, 2010).

No solo o tempo de meia vida do Diclosulam nas doses recomendadas, varia de 33 a 65 dias, entretanto, culturas como milho, girassol, sorgo e brássicas não poderão ser rotacionadas com soja. Após a colheita da soja o girassol poderá ser cultivado depois de decorrido 18 meses. (RODRIGUES e ALMEIDA, 1998; DOW AGROSCIENCES, 2004).

O êxito da fitorremediação está na escolha de plantas que apresentam capacidade de degradação da molécula do herbicida. Entre as plantas de interesse as leguminosas e gramíneas são as mais utilizadas, por apresentarem, elevada produção de biomassa, rápido crescimento, fácil controle e sistema radicular profundo. (ACCIOLY & SIQUEIRA, 2000).

As plantas utilizadas na fitorremediação podem ser utilizadas como cobertura morta para proteção do solo contra a radiação solar direta, retenção de umidade, redução da temperatura da superfície do solo, além de aumentar a eficiência dos micro-organismos presentes (MATEUS et al., 2004).

As espécie de plantas utilizadas como adubação verde *Avena strigosa*, *Cajanus cajan* e *Mucuna cinerea* possuem potencial fitorremediador para o herbicida diclosulam segundo MONQUERO et al, (2013).

O objetivo deste trabalho foi a avaliação da capacidade fitorremediadora de três espécies, duas leguminosas e uma gramínea, *Cajanus cajan*, *Mucuna cinerea* e *Avena strigosa* fitorremediadoras para solos contaminados com herbicida diclosulam utilizando como bioindicadora o girassol nas condições de clima de São João Evangelista.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 FITORREMEDIAÇÃO

Nos últimos anos buscaram-se alternativas para a descontaminação, que possam oferecer menores riscos ao meio ambiente e que sejam economicamente viáveis. A fitorremediação é uma tecnologia relativamente nova que vem sendo utilizada, esta técnica faz uso de plantas com potencial de descontaminação do solo e água.

A utilização da fitorremediação é baseada na seletividade, natural ou desenvolvida, que algumas espécies exibem a determinados tipos de compostos ou mecanismos de ação (CARNEIRO et al. 2002). GRATÃO, (2005) afirma que a fitorremediação é um processo no qual se insere plantas no ambiente que toleram altas concentrações de contaminantes nas raízes e partes aéreas. Segundo PIRES et al, (2003). A seleção de plantas para utilização na fitorremediação de herbicidas tem percalços mais complicados em relação à descontaminação de metais pesados. Os herbicidas possuem uma variedade de moléculas que dificulta as suas transformações(COUTINHO & BARBOSA, 2007).

A espécie a ser usada como fitorremediadora deve possuir a capacidade de absorção; apresentar alta taxa de crescimento; possuir sistema radicular profundo; ser capaz de produzir grande quantidade de biomassa; ter capacidade de desenvolver-se em locais diversos; ser de fácil colheita e resistente ao poluente (SANTOS et al., 2006)

Os mecanismos presentes nas plantas capaz de fitorremediar solos contaminado estão baseados em processos fisiológicos: fitoestabilização, fitovolatilização, fitodegradação, fitoestimulação e fitoextração (PILONSMITS, 2005). O mecanismo capaz de degradar as moléculas herbicidas, ainda não está bem elucidado, mas, a fitodegradação é o mecanismo mais desejável, ponderando-se a probabilidade de completa mineralização do contaminante por esta via (PROCÓPIO et al. 2007).

A capacidade das plantas em extrair os contaminantes do solo e acumulá-los preferencialmente na parte aérea, é denominada fitoextração (NASCIMENTO e XING, 2006). A fitoextração, é um mecanismo que as plantas apresentam para remoção de contaminantes dos solos mediante absorção pelas raízes, transporte e concentração na biomassa. (GIARDINI, 2010).

As plantas fitoacumuladoras são altamente especializadas em acumular ou tolerar altíssimas concentrações do contaminante. Após a fitoextração o contaminante é armazenado

em órgãos dos vegetais. O armazenamento do contaminante nas raízes ou em outros órgãos ocorre sem a modificação nas moléculas do xenobiótico (RASKIN et al., 1994).

A fitodegradação ocorre após a fitoextração, ou mesmo após a fitoacumulação. Resultando na mineralização do xenobiótico. A fitodegradação é responsável pela quebra da molécula do contaminante que foi absorvido pela planta através de processos metabólicos que ocorre no vegetal (LAMEGO; VIDAL, 2007). Durante o processo de fitodegradação, o poluente é transformado em substâncias menos tóxicas. Os poluentes orgânicos são degradados ou mineralizados dentro das células vegetais por enzimas específicas (CUNNINGHAM et al., 1996).

A volatilização de um contaminante fitotransformado a uma forma volátil, a qual é liberada na atmosfera. Ocorre após a fitoextração, ou mesmo após a fitoacumulação. Aproveita-se da capacidade de metabolização de plantas e microrganismos integrados à rizosfera para transformar os poluentes em compostos voláteis em meios não tóxicos em seguida são liberados para a atmosfera (COUTINHO et al., 2015).

A fitoestabilização incide no modo que as plantas com a finalidade de estabilizar os poluentes no solo, antecipando as perdas por erosão ou lixiviação. Ocorrendo, processos como a precipitação do poluente na rizosfera por meio de humificação ou ligações covalentes irreversíveis são realizados promovendo a conversão do poluente para forma menos biodisponível. Também é possível a liberação de O_2 e demais compostos, imobilizando metais na região da rizosfera (PILON-SMITS, 2005; VIEIRA, 2011).

2.2 DICLOSULAM

O herbicida diclosulam vem sendo usado desde a safra 97/98, na cultura da soja com a finalidade de controlar dicotiledôneas. Ele é aplicado em pré-plantio incorporado ou em pré-emergência, atuando na inibição da enzima acetolactato sintetase (ALS) (RODRIGUES; ALMEIDA, 1998).

O efeito residual deste herbicida é longo e pode prejudicar culturas subsequentes, como, por exemplo, o girassol cultivado em sucessão à cultura da soja. Pertencente ao grupo das triazolo pirimidinas o herbicida diclosulam é usado em dose considerada baixa varia de 25 a 35 g ha⁻¹, (Rodrigues; Almeida, 2011). A meia-vida do diclosulam é de 60 a 90 dias, dependendo das condições de clima e solo (LAVORENTI et al., 2003).

A forma encontrada para o cultivo de culturas susceptíveis como o girassol por um período menor que dezoito meses é a utilização de plantas que possuem a capacidade de

fitorremediação de moléculas do herbicida. As plantas utilizadas na adubação verde são geralmente de crescimento rápido e estudos estão sendo realizados para a seleção e utilização como fitorremediação de herbicidas em áreas agrícolas (PIRES et al., 2003; SANTOS et al., 2004a; PIRES et al., 2005.; PROCÓPIO et al., 2005; MONQUERO et al., 2013).

2.3 FEIJÃO GUANDU (*Cajanus cajan*)

O *Cajanus cajan* é uma leguminosa, arbustiva, com folhas trifoliadas, cultura anual ou semi-perene. Possui adaptação ampla, mas com preferência a clima quente e úmido, não é exigente em fertilidade resiste bem à seca e ao frio (Rayol, 2012). A sua origem ainda gera controvérsia, divergindo entre o Continente Africano e a Índia (NENE E SHEILA, 1990; VAN DER MAESEN, 1990).

O grão é usado na alimentação humana. A Índia, é a maior produtora desse grão, com 90% da produção mundial. Também utilizada na alimentação animal como silagem e pastejo. Ainda é recomendada como adubo verde por ser boa fixadora de nitrogênio (AZEVEDO, 2007). Com utilização bastante ampla, o *Cajanus cajan* pode ser usado para os mais diversos fins: como planta capaz de melhorar as características físicas dos solos, recuperação de áreas degradadas, planta com capacidade comprovada para ser usada.

2.4 MUCUNA CINZA (*Mucuna cinerea*)

O gênero *Mucuna* (Leguminosae) compreende aproximadamente 160 espécies. No Brasil, as espécies mais comumente encontradas são, *M. pruriens*, *M. nivea*, *M. capitata*, *M. utilis*, *M. hassjoo*, *M. diabolica*, *M. M. deeringiana*, *M. aterrима*, *M. cochichinensis* e *M. cinerea*, sendo que as principais diferenças entre as espécies cultivadas são as características da pubescência da vagem, a cor da semente e o tempo para a colheita da vagem. (DEMUNER, 2003).

O gênero *Mucuna* possui um grande potencial de produção de biomassa e adaptabilidade às variadas condições do solo. É uma leguminosa e por isso tem a capacidade de fixação de nitrogênio, é usada na adubação verde (RIBAS, 2010).

A mucuna-cinza acumula grande quantidade de nitrogênio no solo podendo chegar a mais de 130 kg ha⁻¹ de nitrogênio, e possui grande capacidade de se decompor rapidamente (COBO et al., 2002). Apresenta crescimento rápido e vigoroso, possui hábito de crescimento

trepador tolerante às condições de deficiência hídrica e de temperaturas altas. Floresce e frutifica de maneira variável, (AMABILE et al., 2000).

2.5 AVEIA PRETA (*Avena strigosa*).

O centro de origem da aveia preta e das outras aveias é desconhecido, Mas informações genéticas apontam para a Ásia e o Norte da África como os possíveis locais de origem da aveia (HORN, 1985). Aveia Preta (*Avena strigosa*) é uma Poaceae de inverno que possui hábito de crescimento ereto, possui uma boa capacidade de acumulação de matéria verde podendo alcançar 30 t.ha⁻¹ (SÁ, 1995).

A aveia preta é utilizada como adubo verde devido apresentação de rusticidade, boa cobertura do solo, alta produção de matéria seca. (BORTOLINI et al., 2000). A soja, quando semeada em sucessão à aveia, é beneficiada por ser menos prejudicada por *Rhizoctonia* e *Sclerotinia*. O trigo, em rotação com a aveia, tem menor incidência de doenças radiculares como a podridão, comum de raízes, e o mal do pé (SANTOS et al., 1990).

As gramíneas em geral são plantas que suportam uma maior variação climática. Portanto apresenta boas condições para ser usada como fitorremediadora. Embora não sejam eficientes para toda a gama contaminantes existentes. (SOARES, 2013).

2.6 GIRASSOL (*Helianthus annuus L.*)

O girassol É uma planta originária do continente norte-americano, pertencente à família Asteracea. Possui raiz pivotante profunda, que atinge cerca de dois metros ou mais de profundidade e ciclo vegetativo médio de 120 a 130 dias. (CASTRO, 2005)

O girassol é uma planta que possui boa capacidade de adaptação as diferentes latitudes tolerância a seca e baixa incidência de pragas e doenças. Esta cultura esta sendo usada em rotação e sucessão de cultura soja durante o período de vazio sanitário da cultura. Além de ciclagem de nutrientes principalmente o potássio. (EMBRAPA, 2016).

O cultivo de girassol (*Helianthus annuus L.*) é importante na economia de vários países sendo o óleo o principal produto extraído (FAGUNDES, 2009).

3 METODOLOGIA/ MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista (IFMG – SJE) entre os meses de abril a novembro de 2016. Foram avaliadas três espécies de adubos verdes quanto à tolerância ao herbicida diclosulam. As espécies avaliadas foram *Cajanus cajan*, *Avena strigosa*, e *Mucuna cinerea*. O delineamento foi em blocos ao acaso, arranjado em esquema fatorial 3 x 4, sendo três espécies fitorremediadoras e quatro doses de diclosulam (0; 15; 30 e 60g $.ha^{-1}$), com cinco repetições. A unidade experimental foi constituída por vasos de polietileno, contendo 25 dm³ de solo, totalizando 60 ensaios.

Como substrato para o crescimento das plantas, utilizou-se solo coletado de uma área previamente corrigida e peneirado em malha de quatro mm. Uma amostra foi coletada e enviada para caracterização química no Laboratório de Análise de Solos do IFMG – SJE (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição química da camada arável (0 – 20 cm) do solo utilizado no experimento.

pH	P	K	Ca	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(t) ₋	(T)	V	m	MO	P-rem
--mg.dm ⁻³ --			----- cmol _c . dm ⁻³ -----					----- % -----					
5,21	49,8	130	2,5	0,3	0,05	1,49	3,13	3,18	4,62	67,7	1,6	2,03	30,6

Após o enchimento e umedecimento dos vasos, foi aplicado em pré-emergência o herbicida diclosulam nas doses determinadas utilizando um pulverizador costal elétrico, provido de barra de pulverização contendo um bico tipo leque Teejet 110.02 e com volume de aplicação de 120 L $.ha^{-1}$.

Todas as espécies foram semeadas três dias após a aplicação do herbicida, sendo utilizado 4 sementes, após a germinação foram desbastadas e deixando o estande de plantas recomendada por área por vaso sendo *Cajanus cajan* e *Mucuna cinerea* 1 planta por vaso respectivamente e *Avena strigosa* 2 plantas por vasos. A escolha das espécies foi baseada no trabalho de (MONQUERO, et al., (2013)

Foram necessárias capinas semanalmente. Contudo, as daninhas foram apenas arrancadas dos vasos e devolvidas à superfície dos mesmos com o intuito de não interferir nas doses dos herbicidas contidas no solo.

A fitotoxicidade do herbicida nas plantas fitorremediadoras foi avaliada aos 15, 30 e 45 dias após a semeadura (DAS). Para avaliação da fitotoxicidade do herbicida foram

atribuídas notas de 0 a 100, em que 0 representou ausência de sintomas e 100 a morte da planta (ALAM, 1974) (Tabela 2) Aos 60 DAS foi avaliada a massa de matéria fresca e seca da parte aérea das espécies vegetais. Para determinar a massa de matéria seca da parte aérea das espécies vegetais, o material foi colocado em estufa com circulação de ar forçada (60 ± 2 °C) por 72 horas.

Tabela 2 - Avaliação de fitotoxicidade de acordo com a escala de Alam (1974).

%	SINTOMAS	DESCRIÇÃO DOS SINTOMAS
0	Nenhum	Nenhum sintoma visível
3	Duvidoso	Parece apresentar algum sintoma
5	Leve	Sintoma leve com pequeno amarelecimento
10	Definido	Sintoma claro com amarelecimento visível
15	Definido sem dano econômico	Amarelecimento, clorose, engruvinhamento
20	Aceitável	Amarelecimento, clorose mais intensa, engruvinhamento
30	Limite aceitável	Aceitável comercialmente sem dano econômico
40	Severo	Clorose, engruvinhamento, necrose, queima, redução do porte
60	Muito severo	Redução de stand com 25% de morte
80	Extremamente severo	75% de morte de plantas
100	Total destruição	100% de morte plantas

Após a coleta das plantas fitorremediadoras, foram coletadas amostras de solo de cada unidade experimental (vaso) e a partir da média dos valores obtidos o solo foi devidamente adubado segundo as exigências para a cultura do girassol (RIBEIRO et al., 1999).

Tabela 3 - Média da Composição química da camada arável (0 – 20 cm) do solo contido nas unidades amostrais do experimento.

pH	P	K	Ca	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(t) ₋	(T)	V	m	MO	P-rem
	--mg.dm ⁻³ --		----- cmol _c . dm ⁻³ -----					----- % -----					
5,80	32,3	71,5	2,8	0,7	0,004	3,53	3,71	3,72	7,23	51,23	0,1	2,03	36,37

A adubação foi realizada com 0,29 g.vaso⁻¹ de Super. fosfato simples, 0,29 g.vaso⁻¹ de Cloreto de potássio e 0,19 g.vaso⁻¹ de Sulfato de Amônio. Após a adubação foram semeadas sementes de girassol, *Helianthus annuus L.*, (10 sementes por metro linear), espécie sensível ao diclosulam.

Foi avaliado o índice de velocidade germinação (IVG) da espécie sensível com os dados tolerados durante 20 dias após a semeadura.

Os sintomas de toxicidade nas plantas de girassol foram avaliados aos 15; 30 e 45 DAS. Aos 45 DAS do girassol, foram avaliados a altura das plantas, a biomassa fresca e seca da parte aérea. A altura das plantas foi medida do colo até o meristema apical. Para determinar a massa seca da parte aérea, o material colhido foi colocado em estufa com circulação forçada de ar (70 ± 2 °C) por 72 horas. Para a avaliação da fitotoxicidade, foram atribuídas notas de 0 a 100, de acordo com os sintomas de intoxicação observados na parte aérea das plantas, em que 0 representava ausência de sintomas e 100 a morte da planta (ALAM, 1974) (Tabela 2).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias dos tratamentos, quando significativas, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MASSA FRESCA E SECA DA PARTE AÉREA DAS FITORREMEIADORAS

Não existem na literatura diversidade de trabalhos avaliando o crescimento de espécies fitorremediadoras para extração de diclosulam do solo. As espécies aqui estudadas foram selecionadas como potenciais fitorremediadoras segundo MONQUERO, et al., (2013).

Não foi observado efeito de dose e interação entre dose e fitorremediadora sobre o acúmulo de MFPA e MSPA das fitorremediadoras ($p < 0,05$) (Tabela 4). Foi observada diferença no acúmulo da MFPA e MSPA das espécies fitorremediadoras ($p < 0,05$) (Tabela4). Dentre as fitorremediadoras, a *Avena strigosa* acumulou $95,55 \text{ g.planta}^{-1}$ de massa fresca aos 60 DAS. Essa produção foi 89,35 % superior a *Cajanus cajan* (Tabela 5). Foi observada diferença no MSPA das espécies fitorremediadoras, na qual a *Avena strigosa* apresentou maior acúmulo com 16,52 g, sendo 87% superior a *Cajanus cajan*. ($p < 0,05$) (Tabela 5). Essa diferença de produção pode esta relacionada à melhor adaptação as condições de cultivo em casa de vegetação e a capacidade de crescimento na presença de resíduos do diclosulam apresentado pela espécie *Avena strigosa* e por ser uma gramínea de inverno, o período de condução do trabalho, que foi de julho a agosto favoreceu o crescimento dessa espécie.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância com os dados dos atributos avaliados das espécies fitorremediadoras do diclosulam

FV	GL	QM	
		MFPAF	MSPAF
BLOCO	4	1464,78 ^{ns}	124,198 ^{ns}
DOSE	3	212,06 ^{ns}	19,259 ^{ns}
FITO	2	36447,75*	1040,10*
DOSE x FITO	6	2578,19 ^{ns}	36,74 ^{ns}
Erro	44	1258,39	32,262
Total	59		
CV (%)		67,64	61,55

^{ns}: não significativo pelo teste F a 5 %; *: significativo a 5 % pelo teste F; MFPAF: Massa fresca parte aérea fitorremediadora; MSPAF: Massa seca parte aérea fitorremediadora

Tabela 5 - Massa fresca da parte aérea de espécies utilizadas para fitorremediação do diclosulam

Fitorremediadora	MFPA, (g)	MSPA, (g)
<i>Avena strigosa</i>	95,55 a	16,52 a
<i>Mucuna cinerea</i>	51,60 b	9,06 b
<i>Cajanus cajan</i>	10,18 c	2,10 c

Medias seguida pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade.

Avena strigosa quando utilizada na fitorremediação de cobre produziu elevada quantidade de massa seca e acumula elevadas concentrações desse metal, sendo recomendada a sua utilização em programas de fitoestabilização (VENDRUSCOLO, 2013). No presente trabalho, a *Avena strigosa* apresentou comportamento semelhante. SANTIN, (2016) observou um incremento de área foliar e da massa seca da parte aérea, da *Avena strigosa* para a fitorremediação do herbicida fomesafen em doses superiores à recomendada, demonstrando o potencial para fitorremediar solos contaminados com esse herbicida. MONQUERO et al., (2013) observou um menor acúmulo de massa seca da parte aérea para a espécie *C. cajan* utilizada como fitorremediadora para o herbicida diclosulam, corroborando com os resultados encontrados (Tabela 4). MEDEIROS et al, (2016), observou-se que o *C. cajan* apresentou pouca acumulação do herbicida diclosulam em seu tecido vegetal e a planta foi capaz de fitodegradar a molécula do herbicida. Além disso, a fração mínima de herbicida absorvido pela planta não foi translocada, ficando concentrada no coleto da espécie vegetal sendo por isso recomendada para a fitorremediação.

4.2 MASSA FRESCA E SECA DA PARTE AEREA DAS PLANTAS DE GIRASSOL

Não foi observado efeito de dose, fitorremediadora e interação entre dose e fitorremediadora sobre o acúmulo de MFPA e MSPA das plantas de girassol ($p < 0,05$) (Tabela 6). Esse resultado demonstra que as plantas fitorremediadoras foram capazes de extrair o diclosulam do solo e proporcionar condições para o crescimento das plantas de girassol.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância com os dados dos atributos avaliados na cultura do girassol cultivado em sucessão a espécies fitorremediadoras.

FV	GL	QM	
		MFPAG	MSPAG
BLOCO	4	272,8686 ^{ns}	12,2938 ^{ns}
DOSE	3	2267,9337 ^{ns}	90,5437 ^{ns}
FITO	2	1262,1737 ^{ns}	141,6828 ^{ns}
DOSE x FITO	6	1265,0841 ^{ns}	30,8630 ^{ns}
ERRO	44	854,3573	45,3790
TOTAL	59		
CV (%)		49,27	73,75

^{ns}: não significativo pelo teste F a 5 %; * : significativo a 5 % pelo teste F; MFPAG: Massa fresca parte aérea do girassol; MSPAG: Matéria seca da parte aérea do girassol.

MONQUERO *et al.* (2013), avaliando a intoxicação nas plantas de girassol em diferentes umidades do solo com diclosulam, observou que as plantas apresentaram menor índice de intoxicação quando foram submetidas a umidade no valor de 60 % da capacidade de campo em relação ao solo com a umidade recomendada na capacidade de campo. Segundo o autor a baixa umidade do solo pode ter favorecido a sorção do herbicida diclosulam.

BRIGHENTI *et al.* (2002) avaliou o girassol plantado em sucessão a cana de açúcar sem o uso de fitorremediadora tratados com o herbicida diclosulam e observou redução total da população das plantas de girassol. Portanto o presente trabalho justifica a utilização das fitorremdiadoras para extração de resíduos desse herbicida no solo

4.3 ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) DAS PLANTAS DE GIRASSOL

Não foi observado efeito de dose, fitorremediadora e interação entre dose e fitorremediadora sobre o IVG das plantas de girassol ($p < 0,05$) (Tabela 7). Esse resultado demonstra novamente que as espécies fitorremediadoras foram capazes de extrair o resíduo do herbicida e não prejudicaram a germinação das sementes. Contrariando ANSCHAU, (2016) que mesmo em sub- dose do herbicida glyphosate, afetou o processo germinativo das plantas de girassol

Tabela 7 - Resumo da análise de variância do índice de velocidade de germinação avaliado na cultura do girassol cultivado em sucessão a espécies fitorremediadoras

FV	GL	QM
		IVG
BLOCO	4	860,1589 ^{ns}
DOSE	3	409,0010 ^{ns}
FITO	2	676,6626 ^{ns}
DOSE x FITO	6	410,5296 ^{ns}
Erro	44	464,0348
Total	59	
CV (%)		53,23

^{ns}: não significativo pelo teste F a 5 %; * : significativo a 5 % pelo teste F; IVG: Índice de Velocidade de germinação girassol.

4.4 ALTURA DO GIRASSOL.

Não foi observado efeito de dose, fitorremediadora e interação entre dose e fitorremediadora sobre a altura das plantas de girassol ($p < 0,05$) (Tabela 8). Esse fato demonstra a capacidade das fitorremediadoras na extração do resíduo do diclosulam proporcionando condições de solo para o crescimento do girassol. BRIGHENTI (2002) utilizou em seu experimento o diclosulam na dosagem de $40 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ e obteve redução total no estande de plantas de girassol. Este resultado demonstra que as leguminosas analisadas neste trabalho foram eficientes na extração do diclosulam.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância da altura avaliada na cultura do girassol cultivado em sucessão a espécies fitorremediadoras

FV	GL	QM
		ALTG
BLOCO	4	185.1818 ^{ns}
DOSE	3	73.2215 ^{ns}
FITO	2	45.0111 ^{ns}
DOSE x FITO	6	74.3731 ^{ns}
ERRO	44	237.0985
TOTAL	59	
CV (%)		12,41

^{ns}: não significativo pelo teste F a 5 %; ALTG: altura da parte aérea do girassol.

4.5 FITOTOXICIDADE DAS PLANTAS FITORREMEIADORAS

Não houve efeito da interação entre dose e tempo, e da interação entre dose, tempo e fitorremediadora no índice de fitotoxicidade das plantas fitorremediadoras ($p < 0,05$) (Tabela 9). Foi observado efeito de dose, fitorremediadora, tempo, interações de dose e fitorremediadora e interação de fitorremediadora e tempo ($p < 0,05$) (Tabela 10). Foi observado efeito de dose no índice de fitotoxicidade nas fitorremediadoras sendo que na dose $60 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ houve maior fitotoxicidade (Tabela 10). MONQUEIRO et al., (2013) utilizando a *Mucuna cinerea*, como fitorremediadora verificou que as plantas de *H. annuus* apresentou sintomas de fitotoxicidade mesmo nas menores doses.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância do índice de toxicidade avaliado nas espécies fitorremediadoras

FV	GL	QM
		TOXICF (%)
BLOCO	4	39,8138 ^{ns}
DOSE	3	136,7462*
FITO	2	577,8166*
TEMPO	2	183,7166*
DOSE x FITO	6	109,2018*
DOSE x TEMPO	6	14,0796 ^{ns}
FITO x TEMPO	4	63,4583*
DOSE x FITO x TEMPO	12	12,9435 ^{ns}
Erro	140	14,0396
Total	179	
CV (%)	107,57	147,31

^{ns}: não significativo pelo teste F a 5 %; *: significativo a 5 % pelo teste F; TOXICF: Toxicidade plantas fitorremediadoras.

Tabela 10 - Porcentagem de fitotoxicidade das espécies fitorremediadoras cultivada em solo tratado com doses crescentes de diclosulam

Dose (g)	Toxicf (%)
60	5,75 a
30	2,77 ab
15	3,75 bc
0	1,64 c

Medias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade. TOXICF: Toxicidade plantas fitorremediadoras

Houve uma maior intoxicação para a fitorremediadora *Mucuna cinerea* e *Avena strigosa* (Tabela 11) enquanto que a *Cajanus cajan* apresentou uma menor toxicidade. Dados semelhantes foram constatados por MONQUEIRO et al., (2013), que observaram uma maior eficiência na remediação com a planta *C. cajan* em solos contaminados com diclosulam.

Tabela 11 - Porcentagem de fitotoxicidade das espécies fitorremediadoras cultivada em solo tratado com diclosulam

Fitorremediadora	Toxicf (%)
<i>Mucuna cinerea</i>	7,0166 a
<i>Avena strigosa</i>	2,2333 a
<i>Cajanus cajan</i>	1,2000 b

Medias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade. TOXICF: Toxicidade plantas fitorremediadoras

Houve efeito de tempo para as fitorremediadoras analisadas aos 45 dias, apresentando maior intoxicação (tabela 12), o que contrariando o trabalho de (MONQUEIRO et al., 2013) que observou maior fitotoxicidade aos 15 dias.

Tabela 12 - Porcentagem de fitotoxicidade das espécies fitorremediadoras cultivada em solo tratado com diclosulam em três avaliações após o plantio.

Tempo	Toxicf (%)
45	4,6000a
30	4,3833a
15	1,4666b

Medias seguida pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade. Toxicf: Toxicidade plantas fitorremediadoras

As fitorremediadoras *Avena strigosa* e *Cajanus cajan* não apresentaram diferenças significativas da interação dose dentro de fitorremediadora, mas a *Mucuna cinerea* apresentou interação, sendo que na maior dose houve maior fitointoxicação.(Tabela 13)

Tabela 13 - Porcentagem de fitotoxicidade das fitorremediadoras cultivada em solo tratado com doses crescentes de diclosulam

Dose	<i>Mucuna cinerea</i>	<i>Cajanus cajan</i>	<i>Avena strigosa</i>
60	13,33 aA	1,33 aA	2,60 aB
30	8,06 bA	1,46 aA	1,73 aA
15	4,06 cA	1,20 aA	3,06 aA
0	2,60 cA	0,80 aA	1,53 aA

Medias seguida pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade.

Para o desdobramento de dose dentro de fitorremediadora não foi observada diferenças na dose 0;15;30 g.ha⁻¹. A dose 60 g.ha⁻¹ foi a que provocou maior fitotoxicidade nas plantas de *Mucuna cinerea* e *Avena strigosa* (Tabela 13). A maior dose do herbicida diclosulam causou maior fitotoxicidade para as plantas fitorremediadoras contrariando (MONQUEIRO et al., 2013) que observou efeito de fitotoxicidade mesmo na menor dose analisada. Não houve diferença no índice de fitotoxicidade para as fitorremediadoras *Cajanus cajan*, *Avena strigosa* e *Mucuna cinerea* aos 15 dias para o desdobramento fitorremediadora dentro dos níveis de tempo. Aos 30 e 45 dias foi observada uma maior fitointoxicação para a fitorremediadora *Mucuna cinerea* (Tabela 14). Não foram encontrados trabalhos para efeito de comparação.

Tabela 14 - Porcentagem de fitotoxicidade de espécies fitorremediadoras aos 15, 30 e 45 dias após aplicação de diclosulam

Fitorremediadora	15 dias	30 dias	45 dias
<i>Mucuna cinérea</i>	3,20 a	7,60 a	10,25 a
<i>Avena strigosa</i>	0,60 a	3,35 a	2,75 b
<i>Cajanus cajan</i>	0,60 a	2,20 a	0,80 b

Medias seguida pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade.

4.6 FITOTOXICIDADE DAS PLANTAS GIRASSOL.

Foi observado o efeito de dose, fitorremediadora e interação de dose e fitorremediadora sobre o índice de fitotoxicidade das plantas de girassol ($p < 0,05$) (Tabela17). Não foi observado efeito do tempo, interação entre dose e tempo, interação entre fitorremediadora e tempo e interação entre dose fitorremediadora e tempo sobre o índice de toxicidade das plantas de girassol. A maior dose de diclosulam aplicada foi responsável pelo maior índice de fitotoxicidade aos 45 DAS (Tabela15). Foi observado efeito de fitorremediadoras para as plantas de girassol sendo que as plantas cultivadas após a fitorremediadora *Mucuna cinerea* apresentaram maior fitotoxicidade (Tabela 17), em relação às demais.

Tabela 15 - Resumo da análise de variância do índice de toxicidade avaliado na cultura do girassol cultivado em sucessão as espécies fitorremediadoras

FV	GL	QM
		TOXICG (%)
BLOCO	4	406,9805 ^{ns}
DOSE	3	2032,5481*
FITO	2	3127,2722*
TEMPO	2	371,4888 ^{ns}
DOSE x FITO	6	148,1537 ^{ns}
DOSE x TEMPO	6	144,7037 ^{ns}
FITO x TEMPO	4	121,6388 ^{ns}
DOSE x FITO x TEMPO	12	47,4092 ^{ns}
Erro	140	139,7948 ^{ns}
Total	179	
CV (%)	107,57	162,21

^{ns}: não significativo pelo teste F a 5 %; *: significativo a 5 % pelo teste F; TOXICG: Toxicidade plantas girassol.

Tabela 16 - Efeito de toxicidade das doses de herbicida para as plantas de girassol plantadas após o cultivo de fitorremediadora

Dose	Tempo 45
60	16,311 a
30	8,2222 b
15	3,6666 bc
0	0.9555 c

Medias seguida pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade

Tabela 17 - Porcentagem de fitotoxicidade da cultura do girassol cultivado em sucessão a espécies fitorremediadoras de diclosulam

Fitorremediadora	Toxicidade
<i>Mucuna cinerea</i>	15,250a
<i>Avena strigosa</i>	5,4500b
<i>Cajanus cajan</i>	1,1666b

Medias seguida pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade.

As plantas de girassol cultivado em sucessão a *Mucuna cinerea* apresentaram maior fitotoxicidade. O girassol quando plantado em sucessão também apresentou sintomas mais severos para *Mucuna cinerea* de acordo com SILVA (2012), sendo observado pelos mesmos autores que a fitorremediadora foi sensível ao herbicida amicarbazone. As plantas de girassol cultivado em sucessão ao *Cajanus cajan* foram as que apresentaram menor efeito de fitointoxicação. Os resultados corroboraram com MONQUERO et al., (2013) o *C. cajan* foi a fitorremediadora que apresentou maior redução para a fitotoxicidade do diclosulam em culturas sensíveis como o girassol.

5 CONCLUSÃO

A fitorremediadora *Cajanus cajan* é eficiente na fitorremediação do herbicida diclosulam.

A fitorremediadora *Mucuna cinerea* não é recomendada para a fitorremediação de solos contaminados com diclosulam.

Avena strigosa precisa de mais estudos para utilização como fitorremediadora do herbicida diclosulam.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1. p. 299-352.
- AMABILE, R. F.; FANCELLI, A.L.; CARVALHO, A.M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p.47-54, 2000.
- ANDERSON, W. P. **Weed science: principles**. 2.ed. New York: West Publishing, 1983. 655p.
- AZEVEDO, Ruberval Leone; RIBEIRO, Genésio Tâmara; AZEVEDO, Cláudio Luiz Leone. Feijão guandu: uma planta multiuso. **Revista da FAPES**, v. 3, n. 2, p. 81-86, 2007.
- ANSCHAU, R.¹; FREIRIA, G. H.¹; ALMEIDA, L. H. C.¹; BERTONCELLI, D. J.¹;FURLAN, F. F.¹ Qualidade fisiologica de sementes de girassol submetidas a subdoses de glyphosate. **III simpósio internacional sobre glyphosate** Universidade Estadual de Londrina - UEL, 2016. Londrina-PR 2015.
- BORTOLINI, C. G.; SILVA, PRF; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 24, n. 4, p. 897-903, 2000.
- BRIGHENTI, Alexandre Magno et al. Persistence and phytotoxicity of soybean herbicides on successive sunflower crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 559-565, 2002.
- CARNEIRO, P.C.F.; BENDHACK, F.; MIKOS, J.D.; SCHORER, M.; OLIVEIRA FILHO, P.R.C. Jundiá, um grande peixe para a Região Sul. **Panorama da Aqüicultura**, v.12, p.41-46, 2002
- CASTRO, C.; BOUÇAS FARIAS J. R. Ecofisiologia do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTE, A. M.; CASTRO, C. (ed.). Girassol no Brasil. Londrina: **Embrapa soja**, p. 163-218, 2005.
- COBO, J.G.; BARRIOS, E; KASS, D.C.L.; THOMAS, R. Nitrogen mineralization and crop uptake from surfaceapplied leaves of green manure species on a tropical volcanic-ash soil. **Biology and Fertility of Soils, Heilderberg**, v.36, p.87-92, 2002.
- COUTINHO, H.D.; BARBOSA, A.R. Fitorremediação: Considerações Gerais e Características de Utilização. **Silva Lusitana**, v.15, n. 1, p. 103-117, 2007.
- COUTINHO, P. W. R., Cadorin, D. A., Noreto, L. M., Gonçalves Jr., A. C. (2015). Alternativas de Remediação e Descontaminação de Solos: **Biorremediação e Fitorremediação**. **Nucleus**, 12 (1): 59-68.
- CUNNINGHAM, S. D.; ANDERSON, T. A.; SCHWAB, A. P. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. **Adv. Agron.**, v. 56, p. 55-114, 1996.

DEMUNER AJ, Barbosa LCdA, Chagas do Nascimento J, Vieira JJ, Santos MAd (2003) Isolation and evaluation of nematocidal activity of chemical constituents of *Mucuna cinerea* against *Meloidogyne incognita* and *Heterodera glycines*. **Quim Nova** 26: 335–339

FAGUNDES, M.H. Sementes de girassol: alguns comentários. Brasília: **CONAB**, 2009. Disponível em: Acesso em: novembro de 2016.

FERREIRA, D. F. Programa SISVAR: Sistema de Análise de Variância. Versão 4.6 (Build 6.0). Lavras: **DEX/UFLA**. 2003.

DOW AGRO SCIENCES Industrial Ltda. Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico Disponível em: www.dow.com/scripts/litorder.asp?filepath=/013-01099.pdf acesso 21/10/2016 18h:23 min.

GRATÃO, P. L. Phytoremediation: green technology for the clean up of toxic metals in the environment. **Brazilian Journal Plant Physiology**, vol.17, n.1, p.53-64, jan/mar.2005

GIARDINI, B.P.; Fitorremediação: usos gerais e características de aplicação .2010. 36f., **Dissertação** (Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, INCONFIDENTES, 2010.

HORN, F. P. Cereals and Brassicas for Forage. In: HEATH, M. E.; BARNES, R.F.; METCALFE, D. S. (Eds.). Forages: **The science of Grassland Agriculture**. 4º ed., p. 271-277, 1985.

LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A. Fitorremediação: Plantas como agentes de despoluição?. Pesticidas: **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 17, p. 9-18, 2007.

LAVORENTI, A. et al. Comportamento do diclosulam em amostras de um Latossolo Vermelho distroférrico sob plantio direto e convencional. **Revista Brasileira. Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 183-190, 2003.

MASCARENHAS, M.H.T. et al. Seletividade de herbicidas na cultura do girassol. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27, Ribeirão Preto, SP, 2010. Resumos expandidos..., Sociedade Brasileira da Ciência das **Plantas Daninhas**, 2010. CD_ROM. p.2225-2229, 2010

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; NEGRISOLI, E. Palhada do sorgo de guiné-gigante no estabelecimento de plantas daninhas em área de plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 39, n. 6, p. 539-542, 2004.

MEDEIROS, L.R.A.; ARAUJO, A.L.S.; SOUZA.C.C.B de.; MONQUEIRO.P.A.; RUBIN.R.S.; PINHO.C.F.de.; Avaliação de espécies para uso de fitorremediação de solos com herbicidas residuais. **XXX Congresso Brasileiro da ciência das Plantas Daninhas**. P.183,2016

MONQUERO, P.A. Córrea, M.C., Barbosa, L.N., Gutierrez, A., Orzari, I. e Hirata, A.C.S.. seleção de espécies de adubos verdes visando à fitorremediação de diclosulam **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 1, p. 127-135, 2013.

NASCIMENTO, C.W.A.; XING, B. Phytoextraction: a review on enhanced metal availability and plant accumulation. **Scientia Agricola**, v.63, p.299-311, 2006.

NENE, Y.L.; SHEILA, V.K. Pigeonpea: geography and importance. In: NENE, Y.L.; HALL, S.D.; SHEILA, V.K (Eds.). **The Pigeonpea**. Cambridge: CAB International/ ICRISAT, 1990. p.1- 14

PILON-SMITS, E. Phytoremediation. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v.56, p.15-39, 2005.

PIRES, F. R.; Souza, C. M.; Silva, A. A.; Procópio, S. O.; Ferreira, L. R. Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. **Planta Daninha**, v.21, n.2, p.335-341, 2003.

PIRES, F. R.; SOUZA, C. M.; SILVA, A. A. et al. Seleção de plantas com potencial para fitorremediação de tebuthiuron. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, p.451-458, 2003

PROCÓPIO, S. O. et al. Development of bean plants in soil contaminated with trifloxysulfuron sodium after *Stizolobium aterrimum* and *Canavalia ensiformis* cultivation. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 87-96, 2007.

PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; PIRES, F. R. et al. Fitorremediação de solo contaminado com trifloxysulfuron-sodium por mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, p. 719-724, 2005

RAYOL, B. P.; ALVINO-RAYOL, F. O. Uso de feijão guandú (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) para adubação verde e manejo agroecológico de plantas espontâneas em reflorestamento no estado do Pará. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 1, p. 104-110, 2012.

RASKIN, I., KUMAR, P.B.A. N., DUSHENKOV, J.R.; SALT, D.E. Bioconcentration of heavy metals by plants. **Current Opinions Biotechnology**, Philadelphia, v.5, p.285 - 290 1994.

RIBAS, R.G.T. et al. Decomposição, liberação e volatilização de nitrogênio em resíduos culturais de mucuna-cinza (*Mucuna cinerea*). **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p.878-885, 2010.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: **5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

RODRIGUES, B.N. & ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 4ª. Ed. Londrina, Instituto Agrônomo do Paraná, 1998. 648p.

RODRIGUES, B. N.; Almeida, F. S. **Guia de herbicidas**. 6.ed. Londrina: Grafmarke, 2011. 697 p.

SÁ, J.P.G. Utilização da aveia na alimentação animal. **Circular**, **87**. Londrina: IAPAR, 1995.

SANTOS, J. B.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A. et al. Fitorremediação do herbicida trifloxysulfuron sodium. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, p. 323-330, 2004

SANTOS, Gabriela Alves dos et al. Crescimento e respostas antioxidantes de macrófitas aquáticas submetidas ao arsênio. **Locus UFV**, 2006.

SILVA, G. B. F. et al. Tolerance of *Mucuna* species to herbicides used in sugarcane culture. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 589-597, 2012.

VENDRUSCOLO D (2013) Seleção de plantas para fitorremediação de solo contaminado com cobre. Dissertação de Mestrado. **Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria**. 57p

SOUZA C. C. B de, Leal, J. F. L, Tornisielo V. L, Silva Rubin R. S da, Patrícia Andrea Monquero, P. A Pinho C. F. de Avaliação do acúmulo de 14-C diclosulam no feijão-guandu **Anais XXX Congresso Brasileiro de Ciências das Plantas Daninhas** 2195–178, 2016.

VIEIRA, G. E. G.; Silveira, C. R. da; Cutrim, J.; Ribeiro, J. (2011). Avaliação dos principais aspectos da fitorremediação aplicados na redução da poluição do solo e da água. **Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal**, 8: 182-192.