

AGRONOMIA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA
APÓS ARMAZENAGEM, SOB EFEITO DE DERIVA
SIMULADA EM CAMPO DE 2,4-D E DICAMBA**

GEOVANI BORGES CAETANO

RIO VERDE, GO

2021

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE**

AGRONOMIA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA APÓS
ARMAZENAGEM, SOB EFEITO DE DERIVA SIMULADA EM
CAMPO DE 2,4-D E DICAMBA**

GEOVANI BORGES CAETANO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto Federal de Goiano – Campus Rio
Verde, como requisito para a obtenção do Grau
de Bacharel em Agronomia.

Orientador (a): Prof. Dr. Jacson Zuchi.

Coorientador (a): Msc. Estevam Matheus Costa.

Rio Verde - GO

Setembro, 2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

CC128q Caetano, Geovani Borges
Qualidade fisiológica de sementes de soja após
armazenagem, sob efeito de deriva simulada em campo
de 2,4-D e dicamba / Geovani Borges Caetano;
orientador Jacson Zuchi; co-orientador Estevam
Matheus Costa. -- Rio Verde, 2021.
27 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Agronomia) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

1. Ácido 2,4-diclorofenoxiacético. 2. Ácido 3,6-
dicloro-2-metoxibenzoico. 3. Glycine max L. Merril.
4. Vigor. 5. Estádios Fenológicos. I. Zuchi, Jacson,
orient. II. Costa, Estevam Matheus, co-orient. III.
Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Geovani Borges Caetano

Matrícula: 2017102200240162

Título do Trabalho: Qualidade fisiológica de sementes de soja pós armazenagem, sob efeito de deriva simulada em campo de 2,4-D e dicamba.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: __/__/__

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

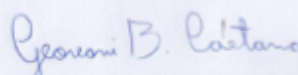
O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

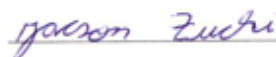
- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 30/09/2021.



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do orientador

GEOVANI BORGES CAETANO

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA PÓS
ARMAZENAGEM, SOB EFEITO DE DERIVA SIMULADA EM
CAMPO DE 2,4-D E DICAMBA**

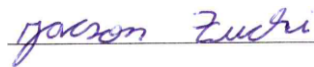
Trabalho de curso DEFENDIDO e APROVADO em 30/09/2021 pela banca examinadora
constituída pelos membros:



Msc. Estevam Matheus Costa
GAPES



Dra. Juliana de Fatima Sales
IF Goiano



Prof. Dr. Jacson Zuchi
IF Goiano

Rio Verde – GO
Setembro, 2021

DEDICATÓRIA

“Aos meus pais, Mariza e Carlos Antônio, ao meu caro irmão Guilherme, e a menina dos olhos encantadores, Erica, dedico”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a vida por ter sempre sido justa e me propiciado oportunidades de crescimento e felicidade a cada volta que dei nesse caminho que se chama viver.

Agradeço a toda minha família, em especial a minha mãe Mariza Nunes Borges que desde pequeno me criou praticamente sozinha abdicando de muita coisa para me dar o melhor que pôde, ao meu pai, onde quer que esteja por ter me propiciado a vida e a oportunidade de estar aqui hoje. Aos meus avôs maternos Jaime Nunes Borges e Adejanira Batista Arantes Borges pela compreensão e por terem sempre me acolhido me propiciando todas as condições materiais para meu desenvolvimento, ao meu irmão Guilherme Borges Lima por ser um dos seres mais amorosos e gentis que conheço, mesmo durante nossas discussões.

Agradeço em especial a companheira que a vida me uniu pelos laços do coração, Erica Pereira Cruz por todo o carinho, compreensão e amor que dedicou a mim durante todos nossos dias juntos, seu apoio e sua força de vontade me inspiraram a ser um homem ainda melhor e por isso desejo batalhar e construir contigo uma vida próspera.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, ao seu corpo docente, direção e administração, pela oportunidade de estar cursando Agronomia em minha própria cidade em instituição de tão elevada qualidade e comprometida com a pesquisa.

Agradeço imensamente ao meu orientador Dr. Jacson Zuchi que sempre me tratou com respeito e me encorajou em todas as minhas decisões, a professora Dra. Juliana de Fatima Sales por ter me acolhido em seu laboratório de sementes com tanto carinho e sempre ter acreditado em mim.

A Estevam Matheus Costa pela coorientação deste trabalho, parceria na pesquisa e longas conversas sobre a vida e a ciência que me ajudaram a alargar meu ponto de vista e me dar mais clareza sobre minhas decisões na vida.

Agradeço a toda equipe do Laboratório de Sementes do IF Goiano, aos alunos de iniciação científica, mestrandos e doutorandos. Agradeço pela colaboração e pela troca de experiências vividas.

Aos meus amigos que estiveram ao meu lado durante esta caminhada, Victor Hugo e Jamyleh, a todas as pessoas que pude conviver, interagir e aprender durante a faculdade, meu muito obrigado.

Enfim, sou grato a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização deste trabalho e me apoiaram em momentos de dúvidas e dificuldades. Vocês são os melhores!

RESUMO

Caetano, Geovani Borges. **Qualidade fisiológica de sementes de soja após armazenagem, sob efeito de deriva simulada em campo de 2,4-D e Dicamba.** Monografia (Curso de Bacharelado em Agronomia) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, Rio Verde - GO, 2021.

Em locais direcionados à produção de sementes, um grande agravante enfrentado durante a realização do manejo fitossanitário é a possibilidade de deriva de defensivos químicos, o que pode gerar prejuízos e danos nas culturas adjacentes ao campo de produção caso as aplicações sejam realizadas em condições inadequadas. O presente trabalho visou avaliar os efeitos de deriva simulada dos herbicidas Dicamba e 2,4-D sobre o vigor fisiológico de sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill) armazenadas durante 5 meses. A deriva foi realizada com 4 subdoses de (0,028, 0,28, 2,8 e 28 g de equivalente ácido por hectare) em dois estádios fenológicos da cultura (V4 e R2) com as sementes resultantes sendo avaliadas imediatamente após a colheita e transcorridos 5 meses de armazenagem à 10°C. Ambos herbicidas com todas as suas subdoses aplicadas reduziram a qualidade fisiológica das sementes, sendo a redução mais expressiva com a aplicação de Dicamba, especialmente na maior subdose aplicada em R2 o que levou à queda de 27% na germinação e a condutividade elétrica a praticamente triplicar de valor, a aplicação de 2,4-D reduziu o potencial de vigor das sementes nos testes, sendo, tal redução de 29% na velocidade de emergência, 25% na primeira contagem do teste de germinação e elevando em 25% a condutividade elétrica, sendo que incrementos no valor da condutividade elétrica indicam degradação de membranas e vazamento de líquido intracelular.

Palavras-chave: Ácido 2,4-diclorofenoxiacético, Ácido 3,6-dicloro-2-metoxibenzoico, *Glycine max* L. Merrill, Vigor, Estádios Fenológicos.

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. Porcentagem de germinação (G) e porcentagem de plântulas anormais (A) de sementes de soja submetidas às subdoses de dicamba aplicadas em V4 e R2 e submetidas ao armazenamento por 5 meses à temperatura de 10 °C	19
TABELA 2. Primeira contagem de germinação (PCG) e envelhecimento acelerado (EA) de sementes de soja submetidas às subdoses de dicamba aplicadas em V4 e R2 e submetidas ao armazenamento por 5 meses à temperatura de 10 °C.....	20
TABELA 3. Índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem emergência (PE) de sementes de soja submetidas às subdoses de dicamba aplicadas em V4 e R2 e submetidas ao armazenamento por 5 meses à temperatura de 10 °C.....	22
TABELA 4. Comprimento de plântulas (C) e massa de matéria seca (MMS) de sementes de soja submetidas às subdoses de dicamba aplicadas em V4 e R2 e submetidas ao armazenamento por 5 meses à temperatura de 10 °C.....	23
TABELA 5. Condutividade elétrica (CE) de sementes de soja submetidas às subdoses de dicamba aplicadas em V4 e R2 e submetidas ao armazenamento por 5 meses à temperatura de 10 °C.....	24

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. Soja (<i>Glycine max.</i> L. Merrill)	13
2.2. Auxinas Sintéticas	14
2.3. Deriva de Auxínicos	15
2.4. Armazenamento de Sementes	15
2.5. Testes de Qualidade Fisiológica de Sementes	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1. Porcentagem de Germinação e Plântulas Anormais	19
4.2. Primeira Contagem de Germinação e Envelhecimento Acelerado.....	21
4.3. Índice de Velocidade e Porcentagem de Emergência	22
4.4. Comprimento de Plântulas e Massa de Matéria Seca	23
4.5. Condutividade Elétrica	24
5. CONCLUSÕES	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e a utilização de cultivares com tolerância aos herbicidas do grupo das auxinas sintéticas Dicamba e 2,4-D possibilitará a utilização desses herbicidas na cultura da soja sem riscos de danos à cultura (Silva, 2018). Esta resistência possibilita uma excelente estratégia no manejo de plantas invasoras dicotiledôneas resistentes à aplicação de herbicidas com outros mecanismos de ação (Spaunhorst & Siefert-higgins; 2014). Porém, uma das preocupações primordiais referentes ao uso de cultivares tolerantes aos herbicidas auxínicos é com relação a sua deriva potencialmente vir a atingir outras espécies ou campos de produção de soja sensíveis a estes herbicidas (Mortensen et al., 2012).

A tecnologia empregada nessas cultivares de soja modificada vêm no entanto levando a alguns problemas nos EUA, onde o marco regulatório proíbe a aplicação de dosagens elevadas de dicamba 45 dias após o plantio, ou após o estágio R1, o que vier primeiro, porém mesmo assim, alguns fazendeiros norte-americanos reclamam de danos ocorridos devido a deriva e até perda completa de lavouras e pomares cultivados com plantas suscetíveis, com processos judiciais milionários correndo na justiça contra a companhia responsável, o que pode levar a regulações mais pesadas mesmo com o lançamento de novas formulações do dicamba sendo lançadas de forma a reduzir a deriva do herbicida (Gullickson, 2020).

A empresa realizou o lançamento da nova tecnologia em solos brasileiros na safra 2021/22 e alguns produtores já estão preocupados com os potenciais danos que a deriva do herbicida pode causar em plantas suscetíveis, citando ainda que a soja convencional está entre uma das plantas mais suscetíveis ao efeito danoso do dicamba, mesmo com as novas formulações de dicamba que também virão a ser lançadas em solo nacional que vêm com a proposta de minimizar a deriva (Mano, 2021).

O grupo de herbicidas conhecidos como auxínicos ou hormonais tem seu nome originado devido à similaridade estrutural com o ácido indolacético (AIA) e também por atuarem na planta de forma semelhante a este que é a principal auxina de ocorrência natural em plantas, o que leva a ocorrência de injúrias em plantas sensíveis mesmo em baixas concentrações como nos casos de deriva e contaminação de tanques de pulverizadores (Oliveira Júnior, 2011). Tais herbicidas atuam sendo translocados via floema até os pontos de crescimento da planta interrompendo os processos regulatórios naturais em plantas sensíveis o que causa uma resposta anormal e descontrolada as auxinas (Kelley e Riechers, 2007), o que desencadeia a ativação de genes responsáveis pela biossíntese natural dos hormônios etileno e ácido abscísico (Christoffoleti et al., 2015).

A aplicação de auxinas nas sementes de soja regula de forma negativa a biossíntese das giberelinas e eleva a concentração do ácido abscísico o que resulta em dormência e redução

da germinação devido ao atraso na protrusão da radícula pelo tegumento da semente (Shuai et al., 2017), além de atuarem regulando outros processos hormonais o que inclui a biossíntese de giberelinas que atuando em conjunto com o ABA regulam a formação de frutos e sementes (Ren e Wang, 2016).

A ocorrência de deriva de Dicamba em campos de produção de cultivares de soja sensíveis ao herbicida causa deformações nas folhas, pecíolos e órgãos reprodutivos além de redução de produtividade (Robinson et al., 2013). Alguns estudos apontam que além disso seu uso em cultivares de soja não tolerante resultam em efeitos deletérios sobre as plantas, principalmente relacionado a qualidade fisiológica das sementes sendo que tal prejuízo é evidente quando há deriva simulada do mesmo em algum estágio reprodutivo da planta (Barber et al. 2016; Griffin et al. 2013; Miller & Norsworthy, 2018). O 2,4-D quando aplicado levou a um declínio na germinação e qualidade das sementes em qualquer estágio do ciclo de crescimento da soja (Silva et al, 2018).

A utilização de sementes registradas e com índice de qualidade elevado é de suma importância para que se possa obter elevadas produtividades (Dan et al., 2010), sendo que sementes com baixa potencial fisiológico apresentam porcentagem reduzida de germinação, plântulas com crescimento lento e desenvolvimento radicular deficiente (Nakao et al., 2018). De acordo com Cantarelli et al., 2015, a utilização de sementes com qualidade fisiológica baixa resulta em lavouras com maior variabilidade entre as plantas o que pode levar a dificuldades no manejo da cultura além de reduções na produtividade. A obtenção de sementes com vigor elevado se torna então de grande importância pois afeta o estabelecimento da cultura, o desenvolvimento das plantas, a uniformidade e a produtividade da cultura (Daltro et al., 2010).

A qualidade e potencial de sementes de soja pode ser afetada de acordo com o genótipo, às condições edafoclimáticas e fatores bióticos sendo que a deterioração pode ocorrer inclusive durante o armazenamento caso as condições de temperatura e umidade relativa se encontrem inadequadas (Zuchi et al., 2013). Inevitavelmente após a colheita ocorre deterioração nas sementes, no entanto, esta pode ser retardada dependendo das condições de armazenagem e das características das sementes (Cardoso et al., 2012).

A deterioração reduz o vigor, a qualidade e a viabilidade das sementes devido ao envelhecimento com consequente consumo de reservas ou aos efeitos de fatores ambientais adversos (Siadat et al., 2012). Com isso, a deriva de herbicidas sistêmicos nas plantas matrizes pode acarretar danos nas sementes de soja o que compromete sua qualidade fisiológica.

Com isso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja armazenadas, oriundas de plantas atingidas por deriva simulada de dicamba e 2,4-D em diferentes sub doses aplicadas nos estádios V4 e R2. Tal objetivo se realizou

através da montagem e avaliação dos testes de germinação, vigor e parâmetros físicos de sementes e plântulas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Soja (*Glycine max* L. Merrill)

A soja (*Glycine max* (L.) Merr.) é uma planta originária do sudoeste asiático, especificamente na China, sendo uma fonte primária de proteína de alto valor biológico para a alimentação humana e animal, além de seu grão ser matéria prima para diversos suplementos e produtos alimentícios. Tal gama de utilidades em conjunto com o aumento no consumo tem levado ao aumento na demanda produtiva do grão (FAO, 2018). Ainda, o grão de soja é uma das maiores fontes de óleo vegetal, tendo um conteúdo de proteína no grão que varia entre 40 à 42%, tendo, portanto, o maior teor proteico entre todas as culturas agrícolas e sendo superada apenas pelo amendoim (*Arachis hypogaea* L.) nos teores de lipídeos (18-22%) entre as leguminosas. É utilizada ainda para a aquicultura e a produção de biocombustíveis além de acarretar benefícios se utilizada na alimentação humana tais como prevenção da obesidade e fadiga muscular (Agyei et al., 2015).

Os maiores produtores de soja a nível mundial são os Estados Unidos, o Brasil, a Argentina, a China e a Índia respondendo juntos por mais de 92% da produção mundial. Devido aos avanços tecnológicos, 49% da produção de grãos brasileira é dedicada à soja, sendo especialmente cultivada nas regiões Centro Oeste e Sul do país. Portanto, o país é considerado um dos cinco maiores exportadores de grãos do mundo e é responsável desde 1990 por um terço das exportações a nível mundial de soja (The Economist, 2010).

A soja convencional é uma cultura sensível à aplicação de herbicidas do grupo das auxinas sintéticas sendo que Andersen et al. (2004) aponta uma maior sensibilidade ao dicamba do que ao 2,4-D. A aplicação de tais herbicidas na soja ou o contato acidental com os mesmos por qualquer fator pode acarretar diversos danos tais como: redução do peso de grãos, baixa qualidade de sementes, redução nos teores de lipídeos e proteína, má formação de vagens e danos à progênie (Miller e Norsworth, 2017).

Porém, o desenvolvimento de novas cultivares de soja resistentes à aplicação de dicamba e 2,4-D acabam fornecendo novas alternativas para o controle de plantas daninhas resistentes ao glifosato (Kruger et al. 2010), sendo que a aplicação em pós emergência de dicamba em soja com resistência ao mesmo apresentou entre 88 e 100% de controle de plantas daninhas resistentes como Buva (*Conyza canadensis*) e Caruru (*Amaranthus palmeri*) (Byker et al. 2013; Kruger et al. 2010; Norsworthy et al. 2008), enquanto que o uso de 2,4-D sozinho ou em combinação com glufosinato de amônio levou a um controle de mais de 93% de

populações das mesmas plantas daninhas resistentes ao glifosato (Craigmyle et al. 2013; Norsworthy et al. 2008).

Nas cultivares de soja resistentes ao dicamba, a inserção de um gene que codifica a produção da enzima ácido 3,6-dicloro-2-metoxibenzoico monooxygenase cataliza o metabolismo do dicamba à formas não tóxicas, o que permite seu uso seguro em pré e pós emergência (Behrens et al. 2007). Enquanto que nas cultivares resistentes ao 2,4-D, foi inserida a enzima aryloxyalkanoate dioxigenase-12 para aumentar a degradação do herbicida no metabólito inativo diclorofenol (Wright et al. 2010).

2.2 Auxinas Sintéticas

Os herbicidas dicamba e 2,4-D são considerados auxínicos ou reguladores vegetais devido a sua similaridade estrutural com o ácido indolacético, um importante hormônio vegetal. Com isso, são classificados dentro do grupo O na classificação de mecanismos de ação de herbicidas (Mallory-Smith e Retzinger, 2003). Historicamente, tais herbicidas vêm sendo utilizados para o controle seletivo de plantas daninhas dicotiledôneas em culturas monocotiledôneas, incluindo milho, pastagens e cereais (Shaner, 2014). De fato, quase todas as plantas dicotiledôneas apresentam alguma resposta a aplicação de auxínicos, sendo que a seletividade entre plantas se deve em função do metabolismo da planta e sensibilidade do sítio ativo (Grossman, 2003).

Tais herbicidas são prontamente absorvidos através das raízes e folhas e translocados via floema e xilema até os tecidos meristemáticos, o que resulta em crescimento anormal da raiz e do caule. O que leva a morte da planta pelas auxinas sintéticas não é um fator isolado e sim a combinação da interrupção de diversos processos relacionados ao crescimento em plantas sensíveis. Alguns estudos apontam que a ação primária de tais herbicidas provavelmente é afetar a plasticidade da parede celular e o metabolismo de ácidos nucleicos, além de afetar a síntese proteica, o crescimento e divisão celular e estimular a produção de etileno o que gera os sintomas epinásticos característicos de exposição a esses herbicidas (Grossman, 2003).

2.3 Deriva de Auxínicos

Plantas sensíveis podem ser expostas de forma não intencional ao dicamba e 2,4-D por várias formas, incluindo movimentação por deriva de vapor, deriva de partículas e contaminação dos bicos e sistema de aplicação, sendo que uma limpeza ineficaz dos resíduos de herbicidas nos tanques de pulverização, mangueiras ou bicos podem levar a injúrias em culturas suscetíveis durante a próxima aplicação (Cundiff et al. 2017). A deriva de vapor ocorre quando a molécula do ingrediente ativo de um herbicida é convertida de líquido para

gás e movida para uma localização não intencional pelas correntes aéreas (Peterson et al. 2016), o potencial de vaporização do herbicida se deve a características físicas do mesmo e as condições ambientais durante e após a aplicação (Burgoyne e Hites, 1993).

Os herbicidas dicamba e 2,4-D são suscetíveis a sofrer deriva de vapor quando formulações de sais se dissociam em formas ácidas, com isso aumentando a pressão de vapor dos herbicidas (Hillger et al. 2012), sendo que a deriva de partículas por movimento físico do vento é outro modo pelo qual plantas sensíveis podem sofrer ação dos mesmos, sendo tal efeito afetado pela velocidade de aplicação, tamanho de gota, tipo de ponta de aplicação, altura da barra de aplicação e velocidade do vento (Alves et al. 2017).

2.4 Armazenamento de Sementes

Em relação às sementes, a temperatura e a umidade do ar em que as sementes são armazenadas são os principais fatores que contribuem para manter a qualidade fisiológica das mesmas. Segundo Marcos Filho (2015), a longevidade das sementes varia de acordo com o genótipo, porém, o período de conservação de seu potencial fisiológico depende em grande parte das condições ambientais no local de armazenagem e da umidade das mesmas. Villela e Peres (2004) apontam que a armazenagem das sementes deve ser iniciada logo após a colheita no período de maturidade fisiológica, podendo sofrer secagem artificial e sendo facilmente armazenadas, com o maior objetivo sendo manter a qualidade das mesmas durante toda a estocagem com o teor elevado de água e a elevada umidade relativa, sendo as maiores causas de redução na qualidade fisiológica das sementes.

Independentemente do local de armazenamento das sementes e do grau de controle ambiental empregado, todas as sementes sofrem deterioração, sendo esse um processo que leva a uma queda gradativa na viabilidade e vigor sendo tal processo verificado com o decorrer do tempo e sendo notado principalmente no momento de utilização das sementes para semeadura (Marcos Filho, 2015). A deterioração envolve uma série de alterações fisiológicas, bioquímicas e físicas que eventualmente levam a perda do material, tais alterações são progressivas e determinadas por fatores genéticos, bióticos, abióticos, e da efetividade e assertividade dos processos de colheita, secagem, beneficiamento, manuseio e armazenagem (Silva et al. 1995).

Dentre as principais alterações envolvidas na deterioração de sementes se destacam o esgotamento das reservas nutricionais, alteração na composição química, alteração dos sistemas de membranas celulares com redução da integridade e aumento da permeabilidade e desorganização além de alterações enzimáticas e de nucleotídeos (Villela e Peres, 2004).

2.5 Testes de Qualidade Fisiológica de Sementes

A qualidade das sementes pode ser determinada por vários testes, como o teste de germinação, que conduzido sob condições controladas permite avaliar a capacidade de germinação, porém, não fornece informações sobre o vigor das sementes (Bewley e Black, 1994). Porém, os testes de vigor tais como primeira contagem de germinação, condutividade elétrica, emergência em substrato e teste de envelhecimento acelerado permitem identificar os lotes com maior ou menor probabilidade de apresentar desempenho superior à campo ou armazenamento sendo complementares à germinação na pesquisa sobre a qualidade de sementes (Hampton e Coolbear, 1990), pois uma das principais exigências para a avaliação do vigor de sementes se refere a obtenção de resultados confiáveis em períodos curtos de tempo de forma a agilizar decisões sobre o manejo de lotes na pós colheita.

O vigor de sementes é função de um conjunto de características que caracterizam o potencial para uma emergência rápida e uniforme de plântulas normais, sob uma ampla faixa de condições ambientais sendo que Marcos Filho (1999) recomenda na avaliação do vigor de sementes a utilização da combinação de resultados de diferentes testes, se levando em conta a finalidade dos resultados e suas limitações.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos em campo na área experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio verde em latitude 17°48'67 "S e longitude 50°54'18" W com precipitação registrada de 147; 244; 267; 136 e 20 mm e temperatura média de 25,0; 24,4; 24,8; 24,9 e 26,3°C respectivamente durante os meses de novembro e dezembro de 2017 e de janeiro, fevereiro e março de 2018 sendo este o tempo de duração dos experimentos. Um dos experimentos recebeu a aplicação de dicamba e o outro de 2,4-D de forma a se obter as sementes para avaliação do potencial fisiológico das mesmas.

O delineamento experimental adotado consistiu de blocos casualizados contendo quatro repetições, seguindo esquema fatorial de 4 X 2 + 1 consistindo de quatro subdoses (0,028, 0,28, 2,8 e 28 g de equivalente ácido por hectare) dos herbicidas dicamba e 2,4-D aplicados nos estádios de V4 e R2 da cultura da soja mais um tratamento de controle. Cada parcela possuía 25,2 m² sendo que foram aproveitadas para área útil os cinco metros das linhas centrais de cada parcela.

A cultivar comercial de soja utilizada foi a ADV 4672 IPRO com sua semeadura sendo realizada de forma mecanizada em sistema de plantio direto, sendo o espaçamento entre linhas de 0,45 m e 18 sementes por metro linear. Anteriormente ao plantio, o tratamento de sementes

e durante todo o ciclo da cultura o manejo fitossanitário e os tratamentos culturais seguiram a metodologia prescrita pela EMBRAPA (2013).

A deriva simulada dos herbicidas foi realizada com pulverizador costal pressurizado por CO₂ a uma pressão constante de 1,5 bar e volume de calda de 170 L ha⁻¹. As pontas utilizadas na operação de pulverização eram de tipo leque modelo XR Teejet 8002VB.

Se realizou a colheita de forma manual quando as plantas atingiram o estágio fenológico de R8 apresentando 95% das vagens aspecto visual plenamente amadurecido, o processo de trilhagem foi realizado de forma mecanizada sendo em seguida realizado o processamento das sementes com retirada manual de impurezas e posterior secagem em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 25 °C até que fosse atingido o teor de água adequado ao armazenamento (10,5% de m.u). Em seguida se procedeu ao armazenamento das sementes resultantes em sacos plásticos de polietileno em câmara germinativa do tipo Bio Oxygen Demand (BOD) adaptada para armazenagem à 10 °C por 5 meses. A umidade relativa (UR) e a temperatura foram aferidas e registradas por “data logger” digital de precisão: 0,1 °C; 5,0% UR.

Transcorridos o período de armazenagem, foram realizadas em duplicatas contendo 50 sementes cada os testes de qualidade fisiológica das sementes no Laboratório de Sementes do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. Os testes realizados foram os seguintes:

Teor de água: inicialmente as sementes tiveram sua massa úmida aferida com auxílio de balança analítica de precisão sendo em seguida distribuídas em cápsulas de alumínio e levadas à estufa com circulação forçada de ar à 105±3°C por 72 horas de acordo com (Brasil, 2009). Em seguida, as sementes tiveram sua massa seca aferida e o teor de água foi quantificado sendo que este era previamente ao armazenamento de 10,4% (m.u) e não havendo variação ou diferença estatística entre tratamentos pós armazenagem.

Teste Padrão de Germinação (TPG): em papel germinativo do tipo Germitest embebido com 2,5 vezes a sua massa em água destilada, as sementes foram distribuídas de maneira uniforme sendo em seguida os papéis fechados e enrolados de forma a serem acomodados em sacos plásticos de polietileno. As amostras resultantes foram então acomodadas em câmara germinativa do tipo BOD calibrada à 25 °C e fotoperíodo de 12 horas. No 5º dia foi avaliado o número de sementes que haviam germinado, sendo esta a primeira contagem e a segunda sendo realizada no 8º dia onde foi mensurado o número de plântulas normais e anormais de acordo com (Brasil, 2009).

Envelhecimento Acelerado (EA): as sementes foram dispostas sobre tela metálica de alumínio sobre caixas germinativas de tipo Gerbox contendo 40 mL de água destilada. Em seguida, as amostras resultantes foram acondicionadas em BOD regulada para 41 °C por um período de 72 horas (Hampton & Tekrony, 1995; Marcos filho, 1999). Transcorrido tal

período, foi realizado o Teste Padrão de Germinação das sementes resultantes de acordo com (Brasil, 2009).

Porcentagem de emergência (E) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE): em canteiros de areia lavada umedecida de maneira regular de forma a manter a umidade recomendada para o teste as sementes foram dispostas de forma manual a uma profundidade de cerca de 2 cm. Ao se iniciar a emergência das plântulas (cotilédones paralelos ou formando um ângulo de 90° em relação ao substrato), diariamente foram avaliadas a emergência de novas plântulas. A porcentagem de plântulas emergidas foi determinada no 12º dia e o cálculo do índice de velocidade de emergência foi realizado de acordo com a metodologia proposta por Maguire (1962).

Comprimento e Massa seca de Plântulas (C e MMS): em seguida a segunda avaliação do TPG convencional, foram selecionadas aleatoriamente 25 plântulas de cada uma das repetições do teste. Os cotilédones das mesmas foram destacados e seu comprimento total aferido com auxílio de régua plástica, sendo em seguida acondicionadas em sacos de papel levados à estufa com circulação forçada de ar regulada à 80 °C por 24 horas de acordo com (Nakagawa, 1999). Transcorridas as 24 horas, as plântulas tiveram sua massa seca aferida em balança analítica de precisão.

Condutividade Elétrica (CE): previamente as sementes a ser utilizadas tiveram sua massa aferida em balança analítica de precisão sendo em seguida depositadas em copos plásticos descartáveis com capacidade para 200 mL que continham 75 mL de água destilada. As amostras decorrentes desse processo foram levadas a BOD regulada à 25 °C por 24 horas. Transcorrido este período, as amostras foram levemente agitadas com auxílio de um bastonete de vidro e tiveram sua condutividade elétrica aferida com o uso de condutivímetro modelo comercial Tecnal Tec-4MP tendo seus valores expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

Os resultados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk ($p \leq 0,05$) para avaliar sua normalidade, sendo que todos os dados analisados foram considerados dentro da normalidade, não sendo necessária transformação dos dados, que foram então submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Quando significativos, os resultados foram submetidos ao teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para contraste das médias entre subdoses e estágio de aplicação dos herbicidas. Todas as análises foram realizadas por meio do software ASSISTAT (Silva e Azevedo, 2002).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Porcentagem de Germinação e Plântulas Anormais

As sementes de soja tiveram sua germinação reduzida quando se utilizou a dose de 28 g ea ha⁻¹ de dicamba, não se obtendo nenhuma interação significativa entre as doses e os estádios de aplicação (Tabela 1).

Tabela 1. Porcentagem de germinação (G) e porcentagem de plântulas anormais (A) de sementes de soja submetidas às subdoses de dicamba aplicadas em V4 e R2 e submetidas ao armazenamento por 5 meses à temperatura de 10 °C.

Herbicida	Dose (g ea ha ⁻¹)	G (%)		Média	A (%)		Média
		V4	R2		V4	R2	
Dicamba	0,028	99	98	98 a	10	8	9 a
	0,28	99	98	98 a	3	8	6 a
	2,8	97	98	97 a	8	8	8 a\
	28	85	72	79 b	19	24	21 b
	Média	95	91	--	10	12	--
	Testemunha		95			10	
	CV (%)	9,5		--	26,41		--
2,4-D	0,028	99	99	99	11	8	9
	0,28	99	98	99	4	7	6
	2,8	98	98	98	9	8	9
	28	99	95	97	8	12	10
	Média	99	98	--	8	9	--
	Testemunha		99			6	
	CV (%)	1,56		--	25,21		--

Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas ou maiúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Com a aplicação da dose de 28 g ea ha⁻¹ houve uma redução de 27% no número de sementes germinadas em comparação com a menor dose de 0,028 g ea ha⁻¹ de dicamba. Wax, Knuth e Slife (1969) observaram uma redução na capacidade germinativa das sementes em função da aplicação de dicamba, sendo que Silva et al. (2018) chegou a registrar uma média de redução de 14% na germinação. Miller e Norswothy (2018) também observou uma redução de 5 e 69% na germinação com a aplicação de 28 g ea ha⁻¹ de dicamba nos estádios R2 e R5 respectivamente.

O herbicida dicamba não metabolizado pela planta acaba sendo transportado para as sementes durante os estádios de enchimento de grãos da fase reprodutiva (Thompson e Egli, 1973), sendo que o acúmulo de dicamba pode reduzir a germinação das mesmas (Auch e Arnold, 1978). Uma redução na qualidade das sementes geralmente se traduz pelo decréscimo no vigor das plântulas e na germinação das sementes (Toledo et al., 2009). Assim, um baixo potencial fisiológico das sementes acarreta uma emergência lenta, reduzida ou desuniforme o que acarreta falhas no estande, atrasos no desenvolvimento das plantas, problemas no controle de plantas

invasoras e interfere em características da planta relacionadas a sua colheita mecanizada (Marcos-Filho, 2013).

A germinação das sementes não foi afetada com a aplicação de 2,4-D, sendo observado uma porcentagem de germinação entre 95 e 99% para todos os tratamentos (Tabela 1). Todos os tratamentos com subdoses deste herbicida alcançaram um mínimo de 80% de germinação, o que se encontra dentro do padrão exigido para se comercializar um lote como sementes de soja no Brasil (Brasil, 2005). Wax, Knuth e Slife (1969) e Neves et al. (1998) também observaram efeitos muito reduzidos ou nulos do herbicida 2,4-D aplicado em pré-florescimento ou no florescimento sobre a germinação de sementes de soja. Porém, Silva et al. (2018) observou uma redução média de 10% na germinação ao se aplicar 42 g ea ha⁻¹ do produto.

A porcentagem de plântulas anormais aumentou com a aplicação da dose de 28 g ea ha⁻¹ de Dicamba. Sendo que com essa dose se observou uma quantidade até 3,5 vezes superior na quantidade de plântulas anormais em comparação com as doses menores. O herbicida 2,4-D não acarretou a formação de plântulas anormais (Tabela 1). Kesoju (2016) observou a formação de plântulas anormais de alfafa com a aplicação de dicamba, 2,4-D e triclopir sendo que dos três herbicidas o que mais levou a formação de plântulas anormais foi o dicamba.

Sementes de soja provenientes de matrizes tratadas com 30 e 220 g ea ha⁻¹ de dicamba na fase de enchimento de grãos germinaram de forma normal, porém, se observou anormalidades caracterizadas por um inchaço na radícula (Thompson e Egli, 1973). A formação de plântulas anormais se relaciona diretamente com um incremento na deterioração das sementes (Marcos Filho, 2005), com isso se pode inferir que o herbicida dicamba aplicado na subdose de 28 g ea ha⁻¹ reduziu a qualidade fisiológica das sementes de soja ao acentuar o grau de deterioração das mesmas.

4.2 Primeira Contagem de Germinação e Envelhecimento Acelerado

Na primeira contagem do teste de germinação, não houve interações significativas entre as subdoses de dicamba e os estádios fenológicos, porém, assim como na porcentagem de plântulas normais, a dose de 28 g ea ha⁻¹ do dicamba reduziu a primeira contagem de germinação em aproximadamente 20% em relação às menores subdoses (Tabela 2).

Tabela 2. Primeira contagem de germinação (PCG) e envelhecimento acelerado (EA) de sementes de soja submetidas às subdoses de dicamba aplicadas em V4 e R2 e submetidas ao armazenamento por 5 meses à temperatura de 10 °C.

Herbicida	Dose (g ea ha ⁻¹)	PCG (%)			EA (%)		
		V4	R2	Média	V4	R2	Média
Dicamba	0,028	98	96	97 a	98	95	97 a
	0,28	98	96	97 a	95	91	93 ab
	2,8	98	96	97 a	89	91	90 ab
	28	86	72	78 b	67	67	67 b
	Média	94	90	--	87	86	--

	Testemunha	96		85			
	CV (%)	9,38		--	12,92		--
2,4-D	0,028	96 aA	98 aA	98	95	95	95
	0,28	98 aA	98 aA	98	96	93	94
	2,8	96 aA	96 abA	96	86	93	89
	28	98 aA	92 bB	95	89	90	89
	Média	98	96	--	91	93	--
	Testemunha	98		97			
	CV (%)	2,61		--	6,53		--

Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas ou maiúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Silva et al. (2018) obteve o resultado de que a dose de 29,8 g ea ha⁻¹ de dicamba aplicado no estágio de V5 reduziu a germinação em 14%.

Na primeira contagem do teste de germinação das sementes do experimento com 2,4-D foram observadas interações entre as subdoses do mesmo e os estádios de aplicação (Tabela 2). O tratamento com 28 g ea ha⁻¹ aplicado em R2 apresentou resultados inferiores em comparação aos demais tratamentos. Neste, houve redução de 3% na primeira contagem de germinação em relação às menores subdoses (Tabela 2). O herbicida 2,4-D aplicada na dose de 41,5 g ea ha⁻¹ em R2 resultou em uma redução média de 10% na germinação de sementes de soja (Silva et al. 2018).

O teste de germinação após envelhecimento acelerado não apresentou interação entre as subdoses de dicamba e os estádios fenológicos de aplicação, porém, houve efeito das subdoses de dicamba o que ocasionou redução na porcentagem de germinação à medida em que se ia aumentando as sub doses utilizadas (Tabela 2). Na menor dose avaliada de 0,028 g ea ha⁻¹ 94% das sementes germinaram enquanto que na maior dose a germinação caiu para 76%. Resultados semelhantes foram encontrados por Miller e Norsworthy (2018) que não obtiveram redução na germinação com envelhecimento acelerado nos tratamentos com dose de 3,5 g ea ha⁻¹ aplicada em R1, R2 e R3, porém, com redução de 18 e 45% no envelhecimento acelerado com a dose de 28 g ea ha⁻¹ aplicada respectivamente nos estádios R2 e R3.

Para o experimento com 2,4-D não houve interação entre as doses e os estádios de aplicação ou efeito dos fatores de forma isolada com a germinação variando entre 86 e 96% nos tratamentos com subdoses deste herbicida aplicadas em V4 ou R2. A germinação do tratamento testemunha foi de 97% (Tabela 2).

O teste de envelhecimento acelerado avalia o potencial fisiológico das sementes após um período determinado de exposição à condições de elevada temperatura e umidade relativa do ar (Marcos Filho, 2015) o que induz reações oxidativas nos constituintes celulares da semente (Menezes et al., 2014), assim as sementes avaliadas após passarem pelo envelhecimento acelerado tiveram seu potencial fisiológico reduzido nesse teste, o que demonstra que o herbicida dicamba provoca reduções severas na qualidade das sementes

enquanto que o 2,4-D provoca efeitos deletérios mais brandos o que não foi detectado no teste de envelhecimento.

4.3 Índice de Velocidade e Porcentagem de Emergência

Houve interação significativa entre as subdoses e os estádios de aplicação no índice de velocidade de emergência do experimento com dicamba. As subdoses de 0,28 e 28 g ea ha⁻¹ de dicamba aplicadas em R2 apresentaram menor IVE em relação aos demais tratamentos (Tabela 3). Auch e Arnold (1978) observaram reduções na emergência de plântulas de soja devidas ao tratamento com 11 e 56 g ea ha⁻¹ de dicamba. Este herbicida caso aplicado no florescimento da cultura da alfafa chegou a reduzir em até 75% a emergência de plântulas (Kesoju et al., 2016).

No experimento com 2,4-D também ocorreu interação significativa entre as subdoses e os estádios de aplicação do herbicida. A dose de 0,28 g ea ha⁻¹ aplicada em R2 reduziu o IVE, porém, a dose de 28 g ea ha⁻¹ não afetou negativamente a emergência das plântulas (Tabela 3).

Foram encontrados maiores valores de IVE para as subdoses de dicamba aplicadas em relação às subdoses de 2,4-D, tal resultado pode ser explicado devido à maior translocação do dicamba para as sementes, o que resultou num maior acúmulo de auxina e estimulou a germinação e emergência mais rápida das sementes, porém, frequentemente as plântulas resultantes apresentavam defeitos na sua formação tais como rachaduras na radícula e geotropismo invertido da mesma. As plântulas resultantes do tratamento com 2,4-D não apresentaram tais anormalidades morfológicas e apresentaram resultados de porcentagem de emergência semelhantes aos obtidos com o dicamba.

Tabela 3. Índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem emergência (PE) de sementes de soja submetidas às subdoses de dicamba aplicadas em V₄ e R₂ e submetidas ao armazenamento por 5 meses à temperatura de 10 °C.

Herbicida	Dose (g ea ha ⁻¹)	IVE (%)			PE (%)		
		V4	R2	Média	V4	R2	Média
Dicamba	0,028	10,7 aA	11,6 aA	11,1	93	96	94 a
	0,28	10,6 aA	9,1 bB	10,0	97	98	98 a
	2,8	11,4 aA	11,7 aA	11,6	93	95	94 a
	28	11,2 aA	8,3 bB	9,8	83	71	77 b
	Média	11,1	10,2	--	92	90	--
	Testemunha		11,2			95	
	CV (%)	9,52		--	8,48		--
2,4-D	0,028	9,7 aA	8,3 aA	9,0	93	85	89
	0,28	9,7 aA	7,5 aB	8,6	89	92	90
	2,8	5,8 bB	8,6 aA	7,2	94	90	92
	28	8,5 abA	8,6 aA	8,9	87	94	90
	Média	8,4	8,4	--	91	90	--
	Testemunha		11,0			97	
	CV (%)	16,31		--	6,23		--

Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas ou maiúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

A porcentagem de emergência não sofreu influência da interação entre subdoses e estádios de aplicação de dicamba, porém houve diferença estatística entre as subdoses. Na subdose de 28 g ea ha⁻¹ a germinação foi 18 e 21 pontos percentuais menores que nas subdoses de 0,028, 0,28 e 2,8 g ea ha⁻¹ do herbicida aplicados em ambos estádios fenológicos. Para o 2,4-D não foram observados efeitos dos tratamentos, tanto na interação entre subdose e estágio de aplicação quanto com eles avaliados de forma isolada. A média de porcentagem de emergência dos tratamentos com 2,4-D foi de 91%, enquanto que a testemunha atingiu 95% (Tabela 3).

Uma emergência lenta, reduzida ou desuniforme de plântulas pode acarretar em falhas no estande, atrasos no desenvolvimento, problemas no controle de plantas invasoras e interferir em aspectos da planta relacionados a colheita mecanizada (Marcos Filho, 2013), com isso se pode afirmar que as sementes afetadas com deriva por tais herbicidas possuem menor vigor o que resulta em problemas relacionados ao manejo e com a produtividade durante o desenvolvimento da cultura pois de acordo com Cantarelli et al. (2015), sementes de baixo potencial fisiológico resultam em maior variabilidade entre as plantas de uma lavoura.

4.4 Comprimento de Plântulas e Massa de Matéria Seca

Não houve interação significativa no comprimento e na massa de matéria seca de plântulas e nem efeito dos fatores subdoses e estádios de aplicação avaliados em conjunto ou individualmente para ambas variáveis, tanto com a aplicação de subdoses de dicamba quanto para a aplicação de 2,4-D (Tabela 4).

Tabela 4. Comprimento de plântulas (C) e massa de matéria seca (MMS) de sementes de soja submetidas às subdoses de dicamba aplicadas em V₄ e R₂ submetidas ao armazenamento por 5 meses à temperatura de 10 °C.

Herbicida	Dose (g ea ha ⁻¹)	C (cm)		Média	MMS (mg)		Média
		V4	R2		V4	R2	
Dicamba	0,028	17,6	18,4	18,0	27,9	27,3	27,6
	0,28	18,1	14,2	16,1	28,8	25,5	27,1
	2,8	17,3	14,2	15,8	26,4	25,5	26,0
	28	15,5	12,3	13,9	24,9	22,8	23,8
	Média	17,2	14,8	--	27,0	25,3	--
	Testemunha		19,2			30	
	CV (%)	20,39		--	22,95		--
2,4-D	0,028	18,0	18,6	18,3	27,5	26,9	27,2
	0,28	18,4	19,8	19,1	26,1	28,3	27,2
	2,8	18,3	18,7	18,5	28,8	27,5	28,2
	28	15,7	14,8	15,2	24,9	21,6	23,2
	Média	17,6	17,9	--	26,8	26,1	--
	Testemunha		13,5			18,5	
	CV (%)	28,05		--	29,63		--

Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas ou maiúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

4.5 Condutividade Elétrica

Houve interação significativa entre as subdoses de dicamba aplicadas e os estádios de aplicação na condutividade elétrica sendo que a subdose de 28 g ea ha⁻¹ de dicamba aplicada em R2 a que teve valores maiores de condutividade sendo este valor cerca de 3 vezes maior em comparação aos demais tratamentos. Já no experimento com 2,4-D não foram observadas interações entre as subdoses do mesmo e os estádios de aplicação como também na avaliação dos fatores isolados (Tabela 5).

Tabela 5. Condutividade elétrica (CE) de sementes de soja submetidas às subdoses de dicamba aplicadas em V4 e R2 submetidas ao armazenamento por 5 meses à temperatura de 10 °C.

Herbicida	Dose (g ea ha ⁻¹)	CE (μS cm ⁻¹ g ⁻¹)		Média
		V ₄	R ₂	
Dicamba	0,028	93 aA	94 aA	94a
	0,28	82 aA	94 aA	88a
	2,8	98 aA	94 aA	96a
	28	104 aA	264 bB	184b
	Média	94	136	--
	Testemunha		129	
	CV (%)		32,43	--
2,4-D	0,028	78	75	77
	0,28	72	77	75
	2,8	84	72	78
	28	75	94	84
	Média	77	80	--
	Testemunha		80	
	CV (%)	13,92		--

Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas ou maiúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

No caso de sementes de elevado vigor, o valor de condutividade elétrica deve estar entre 70 e 80 μS cm⁻¹ g⁻¹ (Vieira e Krzyzanowski, 1999), com isso se pode concluir que nas sementes que receberam a aplicação de dicamba, os valores de condutividade elétrica foram superiores ao preconizado enquanto que as que receberam aplicação do herbicida 2,4-D apresentaram melhor qualidade fisiológica, sendo que apenas um tratamento apresentou condutividade elétrica superior a 80 μS cm⁻¹ g⁻¹.

O aumento na condutividade elétrica demonstra a ocorrência de danos no sistema de membranas celulares (Marcos Filho et al., 1987) e que estes danos levaram a lixiviação de açúcares, aminoácidos, eletrólitos entre outras substâncias solúveis em água (Heydecker, 1974), levando a redução do vigor das sementes afetadas pela deriva de dicamba.

Os herbicidas auxínicos dicamba e 2,4-D são sistêmicos, translocados via floema até os pontos de crescimento nas plantas e com isso podem se acumular nas sementes o que acarreta um desbalanço hormonal e este leva a uma redução na qualidade fisiológica das sementes. Com

isso, plantas de soja atingidas por subdoses dos herbicidas de forma intencional ou não além de sofrerem fitotoxidez o que leva a injúrias e redução na produtividade, produzem sementes de baixa qualidade.

No entanto, pesquisas adicionais são necessárias para que se possa entender de forma mais abrangente o impacto da exposição aos herbicidas auxínicos sobre outras plantas não-alvo como videira, citros, tabaco e até a vegetação nativa de diferentes biomas (Silva et al., 2018), além da realização de pesquisas para identificar quais processos fisiológicos, anatômicos e morfológicos são influenciados e afetados negativamente pelas subdoses dos herbicidas sobre as sementes de soja, milho e outras culturas ou plantas sensíveis.

5. CONCLUSÕES

A aplicação de subdoses de dicamba visando simular o efeito de deriva reduz a qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas, em especial a de 28 g ea ha⁻¹ aplicada no estágio R2, promovendo redução da germinação e do vigor, além de aumento na condutividade elétrica.

A aplicação de subdoses de 2,4-D reduziu a qualidade fisiológica das sementes de forma menos expressiva em relação às subdoses de dicamba, sendo observada redução nos testes de vigor como a velocidade de emergência e primeira contagem de germinação, não havendo redução da germinação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGYEI, D., POTUMARTHI, R., DANQUAH, M.K. Food-derived multifunctional bioactive proteins and peptides: applications and recent advances. In: Gupta, V.K., Tuohy, M.G., O'Donovan, A., Lohani, M. (Eds.), *Biotechnology of Bioactive Compounds: Sources and Applications*. Wiley Blackwell, Chichester, pp. 507–524, 2015.

ALVES G.S, KRUGER G.R, DA CUNHA J.P.A, VIEIRA B.C, HENRY R.S, OBRADOVIC A, GRUJIC M, Spray drift from dicamba and glyphosate applications in a wind tunnel. *Weed Technol* 31:387–395, 2017.

ANDERSEN S.M, CLAY S.A, WRAGE L.J, MATTHEES D, Soybean foliage residues of dicamba and 2,4-D and correlation to application rates and yield. *Agron J* 96:750–760, 2004.

AUCH, D.E.; ARNOLD, W.E. Dicamba use and injury on soybeans (*Glycine max*) in South Dakota. *Weed Science*, v.26, n.5, p.471-475, 1978.

BEHRENS M.R, MUTLU N, CHAKRABORTY S, DUMITRU R, JIANG W.Z, LAVALLEE B.J, WEEKS D.P, Dicamba resistance: enlarging and preserving biotechnology based weed management strategies. *Science* 316:1185–1188, 2007.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. *Seeds: physiology of development and germination*. 2.ed. New York: Plenum, 445p, 1994.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.25, de 16 de dezembro de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 dez. p.18, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 395p, 2009.

BURGOYNE T.W, HITES R.A, Effect of temperature and wind direction on the atmospheric concentrations of alpha-endosulfan. *Environ Sci Technol* 27:910–914, 1993.

BYKER H.P, SOLTANI N, ROBINSON, D.E, TARDIF F.J, LAWTON M.B, SIKKEMA P.H, Control of glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) with dicamba applied preplant and postemergence in dicamba-resistant soybean. *Weed Technol* 27:492–496, 2013.

CANTARELLI, L. D.; SCHUCH, L. O. B.; RUFINO, C. A.; TAVARES, L. C.; VIEIRA, J. F. Physiological seeds quality: spatial distribution and variability among soybean plant population. *Bioscience Journal*, v. 31, n. 2, p. 344-351, 2015.

CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. Auxinic herbicides, mechanisms of action, and weed resistance: A look into recent plant science advances. *Scientia Agricola*, v. 72, n. 4, p. 356-362, 2015.
CARDOSO, R.B.; BINOTTI, F.F.S.; CARDOSO, E.D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.42, p.272-278, 2012.

CRAIGMYLE B.D, ELLIS J.M, BRADLEY K.W, Influence of herbicide programs on weed management in soybean with resistance to glufosinate and 2,4-D. *Weed Technol* 27:78–84, 2013.

CUNDIFF G.T, REYNOLDS D.B, MUELLER T.C, Evaluation of dicamba persistence among various agricultural hose types and cleanout procedures using soybean (*Glycine max*) as a bioindicator. *Weed Sci* 65:305–316, 2017.

DALTRO, E. M. F.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; FRANÇA NETO, J. B.; GUIMARÃES, S. C.; GAZZIERO, D. L. P.; HENNING, A. A. Aplicação de dessecantes em pré-colheita: efeito na qualidade fisiológica de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 32, n.1, p.111-122, 2010.

DAN, L. G. M., DAN, H. A., BARROSO, A. L. L., & BRACCINI, A. L. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, n. 2, p. 131-139, 2010.

EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2014: Embrapa Soja, Londrina. 265 p, 2013.

FAO (Food and Agriculture Organization), 2018. <Disponível em: <http://apps.fao.org/>> <Accessed: july. 11, 2021.>

GROSSMAN K, Mediation of herbicide effects by hormone interactions. *Journal of Plant Growth Regulation*, 22:209–122, 2003.

GULLICKSON, G. What's next for dicamba-tolerant technology?. *Successful farming*, 2020. <Disponível em: <https://www.agriculture.com/crops/soybeans/whats-next-for-dicamba-tolerant-technology>>. Accessed: August. 29, 2021.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. Controlled deterioration test. In: HAMPTON AND TEKRONY (ed). Handbook of vigour test methods. Zurich: ISTA.1995. p.70-78. HEYDECKER, W. Vigour. In: ROBERTS, G.H. (Ed.) Viability of Seeds. London: Chapman and Hall, 1974. p.209-520.

HAMPTON, J.G.; COOLBEAR, P. Potential versus actual seed performance can vigour testing provide an answer. *Seed Science and Technology*, Zürich, v.18, n.2, p.215- 228, 1990.

HILLGER D.E, QIN K, SIMPSON D, HAVENS P, Reduction in drift and volatility of Enlist 27:538–546, 2012.

KELLEY, K. B.; RIECHERS, D. E. Recent developments in auxin biology and new opportunities for auxinic herbicide research. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 89, n. 1, p. 1-11, 2007.

KESOUJ, S R.; BOYDSTON, R A.; GREENE, S L. Effect of synthetic auxin herbicides on seed development and viability in genetically engineered glyphosate resistant alfalfa. *Weed Technology*, v.30, p.860-868, 2016. Available from: <<http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WT-D-16-00045.1>>. Accessed: Jul. 11, 2021. doi: 10.1614/WT-D-16-00045.1.

KRUGER G.R, DAVIS V.M, WELLER S.C, JOHNSON W.G, Control of horseweed (*Conyza canadensis*) with growth regulator herbicides. *Weed Technol* 24: 425–429, 2010.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, Madison, v. 2, n. 2, p.176-77, 1962.

MANO, A. Brazil grain growers wary of dicamba as Bayer launches new GM soy seed. Reuters, 2021. <Disponível em: <https://www.reuters.com/article/us-brazil-dicamba-idUSKBN1WF1UY>>. Accessed: August. 29, 2021.

MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M.; SILVA, W.R. Avaliação da qualidade das sementes. Piracicaba: FEALQ, 230p, 1987.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Eds.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES. p.1.1-1.21, 1999.

MARCOS-FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 2. ed., Londrina: ABRATES, 660p, 2015.

MENEZES, V. O.; LOPES, S. J.; TEDESCO, S. B.; HENNING, F. A.; ZEN, H. D.; MERTZ, L.M. Cytogenetic analysis of wheat seeds submitted to artificial aging stress. *Journal of Seed Science*, v.36, n.1, p.71-78, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-15372014000100009>.

MILLER, M.R.; NORSWORTHY, J.K. Soybean Sensitivity to Floryprauxifen-benzyl during Reproductive Growth and the Impact on Subsequent Progeny. *Weed Technology*, v. 32, n. 2, p. 135-140, 2018.

MORTENSEN, D.A.; EGAN, J. F.; MAXWELL, B.D.; RYAN, M.R.; SMITH, R.G. Navigating a critical juncture for sustainable weed management. *BioScience*, v. 62, n. 1, p. 75-84, 2012.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, cap.2, p.1-24, 1999.

NAKAO, A. H.; COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; SOUZA, M. F. P.; DICKMANN, L.; CENTENO, D. C.; CATALANI, G. C. Características agronômicas e qualidade fisiológica de sementes de soja em função da adubação foliar com boro e zinco. *Cultura Agronômica: Revista de Ciências Agronômicas*, v. 27, n. 3, p. 312-327, 2018.

NEVES, R.; FLECK, N. G.; SILVEIRA, C. A.; COSTA, E. L. N. Ação de herbicidas sistêmicos não-seletivos sobre a progênie de soja quando aplicados durante a fase reprodutiva das plantas-mãe. *Ciência Rural*. Santa Maria. Vol. 28, n. 3, p. 367-371, 1998.

NORSWORTHY J.K, GRIFFITH G.M, SCOTT R.C, SMITH K.L, OLIVER L.R, Confirmation and control of glyphosate-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in Arkansas. *Weed Technol* 22:108–113, 2008.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. *Biologia e manejo de plantas daninhas*. Curitiba: Ompix Editora, p.141-192, 2011.

PETERSON M.A, MCMASTER S.A, RIECHERS D.E, SKELTON J, 2,4-D Past, present and future: a review. *Weed Technol* 30:303–345, 2016.

REN, Z.; WANG, X. SITIR1 is involved in crosstalk of phytohormones, regulates auxin-induced root growth and stimulates stenopermocarpic fruit formation in tomato. *Plant Science*, v.253, p.13–20, 2016.

SHANER D.L, *Herbicide Handbook*. 10th edn. Lawrence, KS: Weed Science Society of America. Pp. 207–335 *Weed Technol* 17:605–619, 2014.

SHUAI, H. et al. Exogenous auxin represses soybean seed germination through decreasing the gibberellin/abscisic acid (GA/ABA) ratio. *Nature*, v.7, p.12620, 2017.

SIADAT, S.A.; MOOSAVI, A.; ZADEH, M.S. Effect of seed priming on antioxidant activity and germination characteristics of Maize seeds under different aging treatments. *Research Journals of Seed Science*, v.5, n.2, p.51-62, 2012.

SILVA, D. R. O. da et al. Drift of 2, 4-D and dicamba applied to soybean at vegetative and reproductive growth stage. *Ciência Rural*, v. 48, n. 8, 2018.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.4, p.71-78, 2002.

SILVA, J.S.; DONZELES, S.M.L.; AFONSO, A.D. Qualidade dos grãos. In: SILVA, J. de S. (ed). *Pré-processamento de produtos agrícolas*. Instituto Maia. Cap2, p.24-29, 1995.

THE ECONOMIST. The miracle of the cerrado: Brazil has revolutionised its own farms. Can it do the same for others? CREMAQ, Piauí, 2010.

THOMPSON, L.; EGLI, D. B. Evaluation of seedling progeny of soybeans treated with 2, 4-D, 2, 4-DB, and dicamba. *Weed Science*, v. 21, n. 2, p. 141-144, 1973.

TOLEDO, M. Z.; FONSECA, N. R.; CESAR, M. L.; SORATTO, R. P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C. A. C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 39, n. 2, p. 124-133, 2009.

VIEIRA, R.D; KRZYZANOWISKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWISKI, F.C; VIEIRA, R.D; FRANÇA NETO, J.B. (Ed). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina, ABRATES, 1999, p. 1-26.

VILLELA, F.A.; PERES, W.B. Coleta e beneficiamento e armazenamento. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (ed). *Germinação do básico ao aplicado*. São Paulo: ed. Artmed, Cap.17, p.265-271, 2004.

WAX, L. M.; KNUTH, L. A.; SLIFE, F. W. Response of soybeans to 2, 4-D, dicamba, and picloram. *Weed Science*, v. 17, n. 3, p. 388-393, 1969.

WRIGHT T.R, SHAN G, WALSH T.A, LIRA J.M, CUI C, SONG P, ZHUANG M, ARNOLD N.L, LIN G, YAU K, RUSSEL S.M, CICCHILLO R.M, PETERSON M.A, SIMPSON D.M, ZHOU N, PONSAMUEL J, ZHANG Z, Robust crop resistance to broadleaf and grass herbicides provided by aryloxyalkanoate dioxygenase transgenes. *Proc Natl Acad Sci U S A* 107 (47):20240–2024, 2010.

ZUCHI, J.; FRANÇA NETO, J.B.; SEDIYAMA, C.S.; LACERDA FILHO, A.F.; REIS, M.S. Physiological quality of dynamically cooled and stored soybean seeds. *Journal of Seed Science*, v.35, n.1, p.353-360, 2013.