

ELISÂNGELA APARECIDA MILAGRES SOUSA

**DOSES E MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE POLÍMEROS  
SUPERABSORVENTES NA EMERGÊNCIA E NO CRESCIMENTO DE  
PLÂNTULAS DE SORGO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da  
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S725d  
2018

Sousa, Elisângela Milagres, 1986-  
Doses e métodos de aplicação de polímeros superabsorventes na  
emergência e no crescimento de plântulas de sorgo / Elisângela Milagres  
Sousa. - Viçosa, MG, 2018.  
x, 45 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Leonardo Duarte Pimentel.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Referências bibliográficas: f. 38-45.

1. *Sorghum bicolor* - Crescimento. 2. Polímeros. 3. Déficit hídrico.  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa  
de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

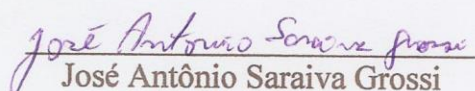
CDD 22. ed. 633.174899

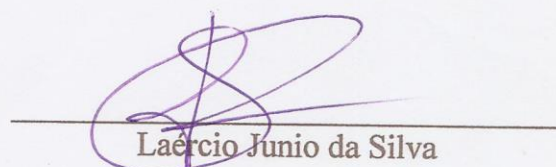
ELISÂNGELA APARECIDA MILÁGRES SOUSA

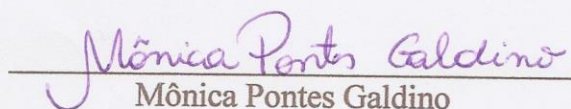
**DOSES E MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE POLÍMEROS  
SUPERABSORVENTES NA EMERGÊNCIA E NO CRESCIMENTO DE  
PLÂNTULAS DE SORGO**

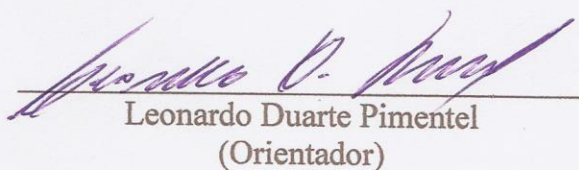
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 01 de março de 2018.

  
José Antônio Saraiva Grossi

  
Laércio Junio da Silva

  
Mônica Pontes Galdino

  
Leonardo Duarte Pimentel  
(Orientador)

A Deus, à minha mãe Mause, ao meu pai José Eudes, aos meus irmãos Cristiane e Leandro, ao meu marido Mateus e à minha filha Maria Eduarda.

**DEDICO**

“A gente tem que sonhar, senão as coisas não acontecem.”

(Oscar Niemeyer)

“Os grandes feitos são conseguidos não pela força, mas pela perseverança!”

Samuel Johnson

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade e pela família maravilhosa que Ele me deu, sem eles não seria possível mais esta conquista! E por sempre me guiar e me dar forças nos momentos difíceis.

Aos meus pais José Eudes e Mause, por todo apoio, carinho, incentivo e compreensão. Ao meu irmão Leandro e a minha irmã Cristiane, pelo carinho, paciência e por toda ajuda para que este trabalho se concretizasse! O meu cunhado Lívio pelo apoio, carinho, incentivo. Ao meu marido Mateus, por todo amor, compreensão, incentivo e ajuda. A minha filha Maria Eduarda, por todo amor, carinho e por ser o meu suporte em todos os momentos;

Aos meus familiares e amigos por todo carinho e compreensão;

À Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos;

Aos funcionários do Vale da Agronomia e Fruticultura pelos serviços prestados;

Ao Departamento de Fitotecnia e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade concedida;

Aos professores do Departamento de Fitotecnia pelos ensinamentos transmitidos em especial aos professores Laércio Junio da Silva e Eduardo Fontes Araújo;

Ao professor Leonardo Duarte Pimentel pela orientação, dedicação, conselhos e palavras de apoio. Sinto-me honrada em ter sido orientada por este grande exemplo de professor que com a sua grande sabedoria, paciência e humildade ajudou-me a percorrer os caminhos até essa vitória. Ensinaamentos estes que ficaram para sempre.

Aos membros da banca de defesa, Prof. José Antônio Saraiva Grossi, Prof. Laércio Junio da Silva e Dr. Mônica Pontes Galdino pela disponibilidade e conselhos.

Ao professor Luiz Antônio Dias pela sua disposição e ensinamentos transmitidos;

A toda equipe do grupo de Sorgo inclusive aos que já saíram, pela ajuda nos experimentos realizados, pelo aprendizado, amizade e pelos ótimos momentos vividos juntos.

Ao Laboratório de Análise de Rotina de Sementes por todo apoio e ensinamentos, em especial ao Paulo, o Wander e o “seu Zé”.

Às secretárias Tatiane e Lídia, do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFV pelo zelo e competência.

Aos amigos do Departamento de Fitotecnia, por todos os momentos de estudos, dificuldades e alegrias compartilhados. E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

**Muito obrigada!**

## **BIOGRAFIA**

ELISÂNGELA APARECIDA MILAGRES SOUSA, filha de José Eudes Milagres e Mause Aparecida Milagres, nasceu em 24 de setembro de 1986, em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Em 2007, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa- Minas Gerais.

Durante a graduação, foi estagiária no Instituto Estadual de Florestas (IEF) por 1 ano e 3 meses, estagiária do laboratório de Bacteriologia e Controle Biológico de Doenças de Plantas por 3 anos e 9 meses e estagiária no Centro de Excelência do Café por 1 ano.

Em março de 2016, iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, sob a orientação do professor Leonardo Duarte Pimentel, submetendo-se à defesa da dissertação em 01 de março de 2018.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Agricultura.....	3
2.2 A cultura do Sorgo.....	4
2.3 Germinação de sementes.....	6
2.4 Perdas no estabelecimento de Culturas anuais.....	8
2.5 Polímero Superabsorvente (PSA).....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 Experimento 1 .....	12
3.2 Experimento 2 .....	13
3.3 Experimento 3 .....	14
3.4 Experimento 4 .....	14
3.5 Experimento 5 .....	15
4. RESULTADOS.....	17
4.1 Experimento 1 .....	17
4.2 Experimento 2 .....	19
4.3 Experimento 3 .....	20
4.4 Experimento 4 .....	22
4.5 Experimento 5 .....	24
5. DISCUSSÃO.....	29
6. CONCLUSÕES .....	37
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

## RESUMO

SOUSA, Elisângela Aparecida Milagres, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2018. **Doses e métodos de aplicação de polímeros superabsorventes na emergência e no crescimento de plântulas de sorgo.** Orientador: Leonardo Duarte Pimentel.

A água é o recurso mais limitante ao desenvolvimento vegetal, atualmente estamos enfrentando um grave problema na nossa sociedade que é a escassez de água. As estiagens e secas observadas desde 2012 em regiões do Brasil têm prejudicado a oferta de água para abastecimento público e para a irrigação. Na agricultura de sequeiro é comum perdas no plantio devido ao déficit hídrico no estabelecimento das culturas. O uso de Polímeros Superabsorventes (PSA) pode ser uma estratégia para minimizar os riscos de plantio em condições de déficit hídrico. O sorgo é uma planta adaptada a diferentes tipos de ambientes, com ênfase a condições de déficit hídrico podendo ser cultivado em regiões com distribuição de chuvas irregulares e em sucessão a culturas de verão. Objetivou-se com este trabalho avaliar doses de PSA veiculado como revestimento de sementes e na cova de plantio durante a emergência e crescimento de plântulas de sorgo em condições de déficit hídrico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação e a semeadura realizada em tubetes. Foram montados 5 ensaios. Nos 4 primeiros ensaios foram avaliadas metodologias de aplicação em função de doses de PSA. No 5º ensaio, avaliou-se a combinação de metodologias e doses em experimento fatorial. O déficit hídrico foi induzido em todos os ensaios para verificar o possível efeito do PSA na redução do estresse hídrico. As avaliações consistiram de índice de emergência, índice de velocidade de emergência, altura de plântulas, peso da matéria seca da parte aérea e raiz, número de folhas, taxa de sobrevivência e sintoma visual de déficit hídrico. Nos tratamentos com PSA aplicados na cova de plantio, observou-se maior altura de plântulas, maior matéria seca de parte aérea e de raiz e número de folhas em relação ao controle. Quando aplicado via revestimento de sementes, observou um menor sintoma visual de déficit hídrico em relação aos outros métodos, sendo que neste método o PSA influenciou negativamente no desenvolvimento vegetativo do sorgo. Em condições de déficit hídrico, o efeito da dose do PSA no desenvolvimento vegetativo de plântulas de sorgo é influenciado pelo método de aplicação. Doses de PSA variando entre 0,16 a 0,24g/semente, quando aplicado na cova de plantio e separado da semente, favorece o desenvolvimento vegetativo de

plântulas de sorgo. O PSA quando aplicado como revestimento de sementes prejudica o percentual de emergência, sendo esse efeito diretamente relacionado à dose.

## ABSTRACT

SOUSA, Elisângela Aparecida Milagres, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2018. **Doses and methods of application of superabsorbent polymers in emergence and growth of sorghum seedlings.** Advisor: Leonardo Duarte Pimentel.

Water is the most limiting resource for plant development, currently we are facing a serious problem in our society which is water scarcity. Droughts and dry observed since 2012 in regions of Brazil have impaired the supply of water for public supply and irrigation. In the rainfed agriculture losses in planting are common due to the water deficit in the establishment of the crops. The use of Superabsorbent Polymers (PSA) may be a strategy to minimize planting risks under water deficit conditions. Sorghum is a plant adapted to different types of environments, with emphasis on water deficit conditions that can be cultivated in regions with irregular rainfall distribution and in succession to summer crops. The objective of this work was to evaluate the doses of PSA, coated in seeds and in the planting pit during the emergence and growth of sorghum seedlings under conditions of water deficit. The experiment was conducted in a greenhouse and the sowing was done in tubes. Five trials were set up. In the first 4 trials, application methodologies were evaluated as a function of PSA doses. In the 5th test, the combination of methodologies and doses was evaluated in a factorial experiment. The water deficit was induced in all the tests to verify the possible effect of the PSA in the reduction of water stress. The evaluations consisted of emergency index, emergency speed index, seedling height, dry matter weight of shoot and root, number of leaves, survival rate and visual symptom of water deficit. In the treatments with PSA applied in the planting pit, it was observed higher height of seedlings, greater dry matter of shoot and root and number of leaves in relation to the control. When applied via seed coating, it observed a lower visual symptom of water deficit in relation to the other methods, and in this method PSA had a negative influence on the vegetative development of sorghum. In water deficit conditions, the dose effect of PSA on the vegetative development of sorghum seedlings is influenced by the application method. Doses of PSA ranging from 0.16 to 0.24 g / seed, when applied in the planting pit and separated from the seed, favors the vegetative development of sorghum seedlings. PSA when applied as a seed coat damages the emergency percentage, being this effect directly related to the dose.

## 1. INTRODUÇÃO

A água é o principal fator limitante no crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo o crescimento uma das principais ferramentas na avaliação da produtividade das culturas. Essa redução no crescimento é ocasionada pela diminuição da expansão e do alongamento celular devido ao decréscimo da turgescência (Yassen e Alomary, 1994 citado por Martinelli-Seneme, 2000). Além disso, o déficit hídrico também pode causar redução do potencial hídrico, fechamento estomático, diminuição da taxa fotossintética, dentre outros fatores fisiológicos da planta (Hong-Bo et al., 2008).

Na agricultura de sequeiro, é comum perdas no plantio devido ao déficit hídrico no estabelecimento das culturas. Um fenômeno muito comum nos campos de produção são os “veranicos”, que consistem em períodos de estiagem, com forte calor, alta insolação e baixa umidade relativa, colocando em risco o estabelecimento e produtividade das culturas anuais (Cardoso e Ribeiro, 2006). Nesses ambientes, é comum, após as primeiras chuvas, ocorrerem veranicos de 20 a 30 dias (Silva et al., 2007). Essa inconstância na precipitação é um dos principais gargalos no estabelecimento dos cultivos anuais, sendo comum a prática de replantio de grandes áreas, principalmente na segunda safra.

Estratégias para minimizar tais impactos poderiam contribuir para reduzir os riscos de déficit hídrico na fase de implantação das culturas de sequeiro. O uso de Polímeros Superabsorventes (PSA) tem sido muito difundido como condicionador de solos, no intuito de armazenar a água e disponibilizá-la posteriormente para a planta, além de reduzir a frequência de irrigações. No setor florestal, o uso de PSA é bastante difundido e busca reduzir a necessidade de irrigações de salvamento em plantios de sequeiro. Normalmente, o produto é aplicado na cova a fim de reter água para viabilizar o estabelecimento de mudas plantadas em períodos com baixa disponibilidade hídrica (Azevedo-b et al., 2002).

Seria inviável em grandes extensões de terra se o PSA fosse aplicado como condicionador de solos nos campos de produção agrícola, devido ao grande volume de produto que seria necessário. Entretanto, Barros et al. (2017) iniciaram trabalhos com aplicação localizada de PSA próximo às sementes de sorgo, com o objetivo de viabilizar o uso de PSA em cultivos agrícolas. Esses autores utilizaram como estratégia

a aplicação do PSA em sulco de plantio e como revestimento de sementes, obtendo resultados promissores, porém, não conclusivos sobre a viabilidade técnica de se utilizar tal produto.

Oliveira Sousa et al. (2013), estudando o uso de PSA em espécie florestal (*Anadenanthera peregrina*) observaram que pequenas quantidades do PSA (menor que 4g/L), pode melhorar a qualidade das mudas. Essa eficiência do uso de PSA na produção de mudas também foi observada em mudas de eucalipto, café e amoreira (Moreira et al., 2011; Bernardi et al., 2012; Alves Marques et al., 2013).

Em um estudo realizado por Su et al. (2017) na China, no qual testaram 5 tipos de PSA com diferentes capacidades de absorção, revestindo sementes da leguminosa selvagem *Caragana korshinskii*, puderam concluir que os PSAs compostos por acrilamida e copolímero de acrilato de potássio e de sódio foram os melhores na promoção da germinação e crescimento desta espécie em condições de déficit hídrico.

Portanto o PSA pode ser uma estratégia para a semeadura em condições de déficit hídrico, favorecendo o desenvolvimento inicial das plântulas. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar doses de PSA veiculado como revestimento de sementes e na cova de plantio durante a emergência e crescimento de plântulas de sorgo forrageiro em condições de déficit hídrico.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Agricultura**

De acordo com o IBGE 2018 a produção de sorgo no Brasil chegou a 2.147.706 toneladas na safra de 2017, tendo um aumento de 11,6 % em relação ao ano de 2016. E um acréscimo de 9,8% na área a ser colhida e de 1,6% no rendimento médio.

Segundo o 8º levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018) a produção na safra de grãos 2016/1017 foi de 237,6 milhões de toneladas, e a previsão da safra de 2017/2018 é de 232,6 milhões de toneladas.

O arroz, o milho e a soja são os três principais produtos representando 92,9% da estimativa da produção e responderam por 87,0% da área a ser colhida. Em relação à produção, deve ocorrer um aumento de 0,6% para a soja e diminuição de 13,0% para o milho e 6,8% para o arroz (IBGE, 2018).

No Centro Norte do país as plantas de sorgo apresentam um bom desenvolvimento apesar do veranico ocorrido em janeiro deste ano, devido a sua adaptação ao estresse hídrico. Já no Centro Sul e Vale do São Francisco o déficit hídrico impactou na redução de 45% a expectativa de produção do sorgo. E no Mato Grosso do Sul a cultura sofreu com estresse hídrico no início do desenvolvimento vegetativo (CONAB, 2018).

O sorgo representa 95% do valor alimentar do milho, e deve ser visto como complementar e não como substituto do milho (Santos et al., 2005). É uma cultura 100% mecanizável, podendo utilizar os mesmos equipamentos das culturas de soja, arroz e trigo, isso tanto para o plantio como para cultivo e colheita (Ribas, 2008).

O sorgo é uma planta adaptada a diferentes tipos de ambientes, com ênfase a condições de déficit hídrico, o que não ocorre com a maioria dos cereais. Possui características fisiológicas que paralisa seu crescimento, ou reduz seu metabolismo no decurso do déficit hídrico e recomeça quando há disponibilidade de água. Esta é uma característica importante que lhe permite ser cultivada em regiões com distribuição de chuvas irregulares e em sucessão a culturas de verão (Tardin et al., 2012). No sul do país, mais concentrado em regiões de fronteira, o sorgo é cultivado em plantios de verão (safra). No Brasil central é cultivado em sucessão a plantios de verão (safrinha) e

no nordeste em plantios com temperaturas altas e precipitação inferior a 600 mm anuais (Santos et al., 2005).

Essa característica é de grande relevância devido ao fato da disponibilidade de água nos últimos anos ter sido insuficiente para abastecer a população, havendo vários racionamentos. Deste modo, são necessárias novas tecnologias que possibilitem o aumento da sobrevivência de plântulas no campo, em condições de sequeiro, pois esta etapa do processo produtivo é uma das mais críticas no estabelecimento das culturas anuais.

## **2.2 A cultura do Sorgo**

O Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] pertence à família Poaceae e é nativo da África Oriental. No Brasil o sorgo chegou provavelmente pelo nordeste, com a chegada dos escravos africanos, assim como ocorreu nas Américas Central e do Norte. Uma evidência disso são os nomes dados ao sorgo como “Milho d’ Angola” e “Milho-da-Guiné” (Ribas, 2014).

Pertence ao grupo das gramíneas C4, de dias curtos e alta taxa fotossintética, possui temperatura ótima entre 16 e 38 graus e a sua precipitação anual é de 375 e 625 mm (Magalhães et al., 2008; Pinho et al., 2014). Considerado o quinto cereal mais produzido no mundo, é antecipado apenas pelo trigo, arroz, milho e cevada (Souza, 2005). Devido a seu grande potencial de produção de grãos e matéria seca em ambientes com déficit hídrico e baixa fertilidade, o sorgo vem sendo uma excelente opção para produção de grãos e forragem (EMBRAPA, 2010; Ribas, 2014).

A partir dos anos 80, o sorgo passou a ser plantado também na safrinha, contudo uma das dificuldades encontradas pelos agricultores tem sido a sua armazenagem já que coincide com a época que outros produtos se encontram nas unidades armazenadoras, como o milho e soja (Ribas, 2014). No 9º Levantamento da CONAB o sorgo em Minas Gerais obteve um aumento na área de 12,5%, na Bahia um aumento de 11,4% e no Centro Norte uma redução 57% devido à falta de chuvas em algumas regiões, em relação à safra anterior (CONAB, 2017).

Atualmente o sorgo possui um grande destaque entre as espécies alimentares por seu eficiente sistema fotossintéticos e velocidade de maturação (EMBRAPA, 2010). Fazendo parte da alimentação de mais de 500 milhões de pessoas em mais de 30 países (EMBRAPA, 2010; Ribas, 2014), como a África, sul da Ásia e da América

Central. Além de sua importância na alimentação animal nos Estados Unidos, Austrália e América do Sul. É reconhecido por sua versatilização tanto na alimentação humana como para animais (Santos et al., 2005). E atualmente também tem sido de interesse na produção de etanol (Ribas, 2014).

Porém uma das dificuldades do sorgo é obter plantas uniformes e vigorosas, deste modo várias técnicas têm sido testadas para aumentar a velocidade de germinação e reduzir o tempo de emergência das plântulas (Carvalho et al., 2000). O tamanho da semente também dificulta o plantio, sendo o revestimento de sementes um método utilizado há muitos anos, principalmente em sementes pequenas como hortaliças, forrageiras, florestais e ornamentais. Esse método consiste em uma técnica de aplicação de materiais inertes e adesivos, com o intuito de aumentar o tamanho da semente, sua forma e textura para simplificar a semeadura (Oliveira et al., 2003). Além disso, o revestimento com polímero superabsorvente (PSA) poderia ser uma forma de fornecer água para a plântula, podendo assim amenizar a desuniformidade das mesmas.

Seu ciclo de crescimento e desenvolvimento é dividido em três fases: Crescimento um (EC1), onde ocorre à germinação, aparecimento da plântula, crescimento das folhas e estabelecimento radicular fasciculado. Crescimento dois (EC2), que começa quando o meristema apical se diferencia em meristema floral e vai até a antese. E o crescimento três (EC3) que se dá pela maturação dos grãos e senescência das folhas (Pinho et al., 2014).

Na primeira fase de crescimento, que corresponde da germinação até a iniciação da panícula, a taxa de produção de matéria seca é afetada pela área foliar e nessa fase temos um crescimento lento e pouco eficiente no controle de plantas daninhas. A explicação mais comum para a diminuição da área foliar nesta fase é a falta de água, contudo essa taxa também é prejudicada pela temperatura e deficiências nutricionais (Magalhães et al., 2008).

Em suas folhas há uma substância cerosa na junção da bainha com o limbo, com isso a planta perde menos água na transpiração, sendo relevante para a economia de água principalmente em condições de estresse hídrico. Na epiderme superior da folha, se encontram filas de células especializadas que em condições de déficit hídrico permitem a folha enrolar, sendo uma defesa da planta (EMBRAPA, 2010).

A resistência à seca é um mecanismo complexo, tendo relação com três mecanismos: resistência, tolerância e escape, sendo os dois últimos encontrados no sorgo. A tolerância está associada ao nível bioquímico, onde a planta reduz o metabolismo, murcha e se recupera quando o estresse é interrompido. Já o escape está relacionado com um sistema radicular profundo e ramificado, o qual é eficiente na extração de água do solo. O sistema radicular do sorgo pode chegar até 1,5 m de profundidade e 2,0 m em extensão lateral (EMBRAPA, 2010).

Já as suas sementes apresentam elevados teores de proteínas, vitaminas e sais minerais, além da alta produtividade de biomassa (Carvalho et al., 2000). Contudo seu tamanho é pequeno e possui poucas reservas para o crescimento da plântula, que inicialmente é lento até que a planta passe a alimentar-se dos nutrientes encontrados no solo (Ribas, 2008).

Agronomicamente o sorgo é classificado em cinco morfotipos: granífero, forrageiro, sacarino, biomassa e vassoura. O granífero é de porte baixo 1 a 1,5m, adaptado a colheita mecanizada e possui colmos suculentos. Os forrageiros são para silagem, cultivares de portes altos 2 a 3m com colmos suculentos e secos. O sorgo sacarino fenotipicamente semelhante ao sorgo para silagem possui colmos suculentos, tendo sido motivo de pesquisas devido ao fato de ser uma alternativa para a produção de energia. E por fim o sorgo vassoura e biomassa, que tem porte alto acima de 3m e possuem colmos grossos e fibrosos. O sorgo vassoura sua panícula é utilizada para fabricação de vassouras, enquanto o biomassa tem sido considerado uma alternativa para a produção de energia (EMBRAPA, 2010; Ribas 2014).

A maioria dos materiais de sorgo granífero foram melhorados geneticamente para insensibilidade ao fotoperiodismo, sendo que o mesmo não ocorreu para sorgo forrageiro que é suscetível ao fotoperíodo. Normalmente variedades de sorgo que são resistentes à seca, possuem maior biomassa radicular e maior volume de raízes, além de uma maior proporção raiz/caule do que plantas suscetíveis à seca (Magalhães et al., 2008). Desde modo necessitam de uma menor quantidade de água para o seu desenvolvimento quando comparado a outros cereais (Magalhães et al., 2014).

### **2.3 Germinação de sementes de sorgo**

A água é o fator que mais influencia a germinação de sementes, sendo essencial para que este processo ocorra. O teor de umidade do solo não necessita ser alta para a

germinação das sementes, porém se atingir a capacidade de campo ou valores próximos, geralmente sua germinação é mais rápida (Toledo, 1977).

O processo germinativo é caracterizado por três etapas: A primeira etapa ocorre muito rapidamente, em poucas horas ela se completa, atingindo cerca de 25-30% de água para as sementes que possuem substância de reserva endospermática como é o caso do sorgo. Nessa etapa há um grande aumento na respiração e o início da degradação das substâncias de reservas. Na segunda etapa essas substâncias são transportadas para o tecido meristemático, e a absorção de água é praticamente paralisada, é uma etapa bem lenta em relação à primeira. A semente retorna à absorção de água e respiração intensa a partir de 35-40% de água para endospermática. O início da terceira etapa é marcado pelo visível crescimento do eixo embrionário, onde as substâncias transportadas na etapa anterior são reorganizadas para formar o protoplasma e a parede celular (Carvalho et al., 2000).

Em um processo de hidratação, as sementes começam a absorver água, aumentando seu potencial hídrico e reduzindo o potencial do substrato, levando ao equilíbrio hídrico e conseqüentemente há a paralização da movimentação de água (Marcos-Filho, 2005). O potencial hídrico é uma medida da energia livre da água, utilizado para indicar o estado hídrico das células, tecidos, órgãos e planta (Marengo et al., 2013). É caracterizado pela soma do potencial mátrico, osmótico e de pressão. Sendo o potencial mátrico uma habilidade das paredes celulares, partículas de solo e outros de se hidratar e reter a água. Já o potencial osmótico consiste na força de atração da água que é proporcional à concentração da solução, e o potencial de pressão é a pressão exercida na parede celular de células turgidas (Marcos-Filho, 2005).

O processo de embebição é decisivo, podendo levar ao sucesso ou fracasso da germinação, pois tanto o excesso como a escassez de água pode levar a danos irreversíveis. À medida que a semente é hidratada ela fica mais sensível a baixas temperaturas e pode liberar soluto e macromoléculas abundantemente ou reiniciar o metabolismo defeituosamente. A embebição das sementes sob temperaturas próximas da mínima, pode diminuir o crescimento das plântulas, mesmo se a temperatura atingir a ideal. Danos por resfriamento possivelmente danifica as membranas, devido ao eixo embrionário perder substâncias orgânicas (Marcos-Filho, 2005).

Outro fator que também pode interferir na germinação da semente é a concentração de oxigênio, no processo de degradação das substâncias de reserva da semente para o desenvolvimento do eixo embrionário. Porém a semente necessita de pequena concentração em relação à atmosfera (Carvalho et al., 2012).

#### **2.4 Perdas no estabelecimento de culturas anuais**

Segundo Ferrari et.al., (2015), há riscos na antecipação do plantio de soja no Mato Grosso, devido à restrição de água na fase de estabelecimento da lavoura, contudo ainda é vantajosa essa antecipação, devido aos benefícios como, escape da lavoura ao ataque da ferrugem asiática, maximização do uso das máquinas, remuneração dos preços de grãos, entre outros.

A época ideal de plantio da soja, quando se inicia as primeiras chuvas, pode variar de uma região para outra. Normalmente espera-se que o solo possua um estoque de água (80-100 mm) suficiente para a germinação das sementes e assim terá um menor risco de perdas no plantio, caso as chuvas não continuem (Silva Neto et al., 2010). Se não ocorre uma chuva de cinco a dez dias após a semeadura, as sementes geralmente irão deteriorar no solo e não serão mais capazes de germinarem e emergirem (Peske e Delouche, 1985).

Essa falta de chuvas também prejudica a cultura de feijão, pois a produção final pode ser prejudicada já nos primeiros dias, caso falte água nesta fase inicial do desenvolvimento do vegetal, seguida por um intervalo longo de estiagem. Quando há um déficit hídrico nos primeiros 20 dias, observa-se uma redução no número de plantas, obtendo uma menor produção de grãos (Vieira et al., 2006). Outro exemplo é a emergência irregular do milho, causada geralmente, pela pouca disponibilidade de água no solo, mesmo que apresente temperatura favorável (Viana, 1983).

Pavan et al. (2017) avaliando a produtividade de algumas culturas como amendoim, soja, milho e sorgo combinado com diferentes sistemas de manejo do solo, em áreas de renovação de canavial, percebeu que as altas temperaturas e baixa disponibilidade hídrica afetaram o crescimento e desenvolvimento destas culturas.

#### **2.5 Polímero Superabsorvente (PSA)**

Atualmente estamos enfrentando um grave problema na nossa sociedade que é a escassez de água. De 2013 a 2016, 48 milhões de pessoas foram afetadas pela seca ou estiagem no Brasil, 6 vezes mais que por cheias. As estiagens e secas observadas

desde 2012 em regiões do Brasil têm prejudicado a oferta de água para abastecimento público e para a irrigação (ANA, 2017). Entretanto, estudos com o PSA na área de horticultura já vem sendo realizados na busca de diminuir a quantidade de irrigações. Necessitando ainda de mais pesquisas para tentar amenizar os prejuízos causados pela seca principalmente para as culturas anuais.

Para entendermos melhor sobre os estudos com esses polímeros hidroabsorventes, é necessário conhecermos mais sobre suas características. Os polímeros são macromoléculas de alta massa molar, formadas por unidades de moléculas menores, denominadas monômeros. Estes reagem por adição ou condensação, produzindo polímeros com diferentes propriedades físicoquímicas e mecânicas. Essas propriedades variam de acordo com a sua composição, método de preparação e processamento tecnológico (Mano e Mendes, 1999).

São granulados quando seco, elásticos e leves na presença de água. Influenciam na capacidade de retenção de água no solo, pois armazenam várias vezes o próprio peso em água. Tendo vários ciclos de irrigação-secagem em um longo tempo de duração (Melo et al., 2005). Segundo Azevedo-a et al. (2002), o polímero pode permanecer ativo no solo por cinco anos e sua dissociação resulta em dióxido de carbono, água e nitrogênio na forma amoniacal.

Apesar dos polímeros serem parecidos fisicamente, sua composição química é bem diferente. Os polímeros utilizados para fins agrícola pertencem ao grupo onde a água é acumulada por uma fraca ligação de hidrogênio e uma forte força de Van Der Waals (Balena, 1998). As poliacrilamidas pertencentes a este grupo podem fornecer água para a planta e para o solo, mas não são degradadas biologicamente sofrendo dissociações por causa do cultivo, raios ultravioletas e racionamentos por meio de implementos agrícolas (Azevedo-a et al., 2002).

Seu uso no solo tem contribuído para vários fins, como germinação de sementes, desenvolvimento radicular, crescimento e desenvolvimento das plantas, redução de perdas de água de irrigação por percolação, entre outros (Azevedo-b et al., 2002; Câmara et al., 2011; Navroski et al., 2015).

Um dos fatores limitantes ao uso do PSA é o seu custo ainda muito elevado, contudo, as doses baixas podem trazer resultados satisfatórios, como melhorias nas condições de retenção de água e nutrientes no substrato (Hafle et al., 2008). Podendo

contribuir deste modo no estabelecimento inicial de plântulas em condições de déficit hídrico, e possivelmente reduzir os custos de replantio.

Sua eficiência já é comprovada em alguns estudos como, em de Orizhia et al. (2009) com espécies florestais o qual perceberam uma maior sobrevivência das parcelas que receberam o PSA em relação ao controle, observando um melhor crescimento e aumento da biomassa das novas espécies estudadas.

Oliveira et al. (2003), mostraram um efeito benéfico no revestimento de sementes de pimentão com diferentes materiais, e utilizando a cola como adesivo. Onde também observaram uma redução no Índice de Velocidade de Emergência (IVE), contudo não perceberam um efeito na taxa de germinação. O que foi observado por Barros et al. (2017) o qual constataram um efeito negativo na taxa de germinação ao utilizar cola como adesivo para revestimento de sementes de sorgo com PSA.

Em outro estudo, utilizando dosagens de PSA de acrilato de potássio no armazenamento de água em solo mais argilosos, os autores observaram que dose de 4g do PSA/vaso (8L) proporcionou um aumento de 12% na capacidade de armazenamento da água em relação ao controle, sendo que segundo a recomendação do fabricante 8g do PSA/vaso (8L) o acréscimo poderia ser de 13%. Deste modo, a menor dose acima foi a mais eficiente em armazenar água e na redução de custos de aquisição do PSA nas condições estudadas (Mendonça et al., 2013).

Agaba et al. (2011) em seu experimento percebeu que a dose de 0,4% de PSA em solos arenosos, proporcionou um aumento de biomassa e eficiência do uso da água para a espécie de grama *Agrostis stolonifera*, que em 69 dias cresceu com apenas 9 litros de água aplicada no 1º dia. O uso eficiente da água por esta planta foi 8 vezes maior que o controle, isto provavelmente devido capacidade do PSA em reter água e liberá-lo lentamente.

Estes estudos mostram a eficiência do uso de PSA como armazenador de água e como a plântula pode fazer uso deste benefício. Porém os poucos relatos do uso de PSA em culturas anuais não são bem conclusivos, necessitando de mais estudos sobre o assunto.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram conduzidos em casa de vegetação no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), entre os anos de 2016 e 2017. Ao todo foram realizados 5 experimentos, sendo que os quatros primeiros foram utilizadas sementes de sorgo forrageiro (Cultivar Podium Biomatrix®), com germinação de 95% e o 5º experimento foi utilizada a semente da cultivar BRS 658 oriundas da Embrapa Milho e Sorgo, com 84% germinação e umidade de 13,4%.

As sementes dos quatros primeiros experimentos estavam armazenadas em câmara fria (temperatura de  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ), foram retiradas e expostas à temperatura ambiente por cerca de 24 - 48h. Em todos os experimentos as sementes foram pré-embebidas em água destilada por 10h à  $25^{\circ}\text{C}$  em câmara de crescimento.

O Grau de Umidade da semente BRS 658 foi realizado pelo método de estufa, e o teste de germinação realizado para as sementes da Cultivar Podium Biomatrix® e BRS 658, foram determinados de acordo com as normas Brasil (2009).

O Polímero Superabsorvente (PSA) utilizado nos 5 experimentos foi composto do derivado da poliacrilamida, o acrilato de sódio, produto comercial da marca GelPlant® (Composição informada pela empresa). E o substrato composto por 63,63% de areia, 27,27% de terra de barranco e 9,09% de substrato comercial da marca Rohrbacher Florestal LTDA, composto por cascas de pinus compostada e vermiculita. Aditivado com 0,2% de calcário e 0,1 % de superfosfato triplo. A adubação realizada nos experimentos foi de 1 grama de calcário, sulfato de amônio, cloreto de potássio e 2 gramas de superfosfato simples para cada litro de substrato.

Todas as sementes foram semeadas em tubetes individualizados, os quais foram acondicionados em bandejas plásticas (unidades experimentais) (Figura 1). A estratégia de se individualizar as sementes em tubetes foi para que não houvesse competições entre as plântulas dentro da mesma bandeja, podendo assim concluir sobre cada uma delas.



**Figura 1. A:** Unidades experimentais dos 4 primeiros experimentos, compostas por 40 sementes de sorgo forrageiro com e sem aplicação de doses de Polímero Superabsorvente (PSA), dentro da casa de vegetação. **B:** Tubetes com plântulas de sorgo forrageiro dentro da unidade experimental.

Ao todo, foram realizados 5 experimentos constituídos da seguinte forma:

### **Experimento 1**

Foram testadas cinco doses de PSA, para isso foram pesadas em balança de precisão as doses de 0,00; 0,01; 0,02; 0,03 e 0,04 gramas por semente. Cada dose representou um tratamento na cova de semeadura, sendo que o PSA foi hidratado antes de ser inserido nos tubetes e colocado diretamente em contato com a semente (figura 2). O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. Cada unidade experimental foi composta por 40 sementes e 20 plântulas de cada unidade foram escolhidas aleatoriamente para a avaliação.

As plântulas foram semeadas em fevereiro de 2017 e regadas até 8º dia após semeadura (DAS), e logo após foi suspensa a rega induzindo um déficit hídrico de 8 dias. Após 16 DAS às plântulas foram avaliadas.

Os parâmetros avaliados foram:

1. Emergência (E), determinado através da contagem das plântulas que emergiram. Foi realizada do 2º até o 10º DAS, com monitoramento diário.
2. Índice de velocidade de emergência (IVE), o cálculo foi feito com a contagem das plântulas emergidas durante os nove dias a partir da emergência

utilizando a fórmula:  $IVE = (E1/N1) + (E2/N2) + (E3/N3) + \dots + (En/Nn)$ , de acordo com o Maguire (1962);

Sendo: E1, E2, E3,..., En: número de plântulas emergidas na primeira, segunda, terceira e última contagem. N1, N2, N3,..., Nn: dias contados da semeadura à primeira, segunda, terceira e última contagem.

3. Comprimento da parte aérea (CPA), medido com o auxílio de uma trena a partir da superfície do solo até o ápice da última folha expandida.

4. Matéria seca de raiz (MSR), as raízes foram lavadas, colocadas em sacos de papel identificados e levados para a estufa de circulação forçada à 65°C, por 72 horas.

5. Matéria seca da parte aérea (MSPA) foi colocada em sacos de papel e levada para a secagem em estufa de circulação forçada à 65°C, por 72 horas, no mesmo dia que as raízes.

Após este período foi pesada a massa de MSR e MSPA, separadamente em balança analítica.

## **Experimento 2**

Nesse experimento as sementes foram revestidas com 0,00; 0,01; 0,02; 0,03 e 0,04 gramas de PSA seco por semente, sendo que cada dose representou um tratamento (Figura 2). Para adesão do PSA na semente usou-se a gelatina sem sabor da marca Fleischmann, que foi preparada conforme o recomendado na embalagem. Em copinhos de café foram colocadas as sementes e as diferentes dosagens de PSA e adicionado a gelatina na quantidade suficiente para umedecer e proporcionar que o PSA aderisse na semente. Em seguida as sementes revestidas foram semeadas nos tubetes.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. Cada unidade experimental foi composta por 40 sementes e 20 plântulas de cada unidade foram escolhidas aleatoriamente para a avaliação. As plântulas foram semeadas em fevereiro de 2017 e regadas até 12 DAS, após esse dia foi suspensa a rega induzindo um déficit hídrico de 13 dias. Após 25 DAS às plântulas foram avaliadas.

Os parâmetros avaliados foram os mesmos do experimento anterior acrescido da avaliação da Taxa de sobrevivência das plântulas, que consiste na contagem do

número de plântulas vivas no dia da avaliação. Para a variável emergência a avaliação foi 2° até o 10° DAS, com monitoramento diário.

### **Experimento 3:**

Foram testadas as doses 0,00; 0,01; 0,02; 0,03; 0,04 e 0,12 gramas de PSA seco por semente. Cada dose representou um tratamento na cova de semeadura, sendo que o PSA foi hidratado antes de ser inserido nos tubetes e colocado separado da semente por uma fina camada de substrato (Figura 2). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizados, com cinco repetições. Cada unidade experimental foi composta por 40 sementes e 20 plântulas de cada unidade foram escolhidas aleatoriamente para a avaliação.

As plântulas foram semeadas em fevereiro de 2017 e regadas até 8° DAS, após esse dia foi suspensa rega induzindo um déficit hídrico de 8 dias. Após 16 DAS às plântulas foram avaliados.

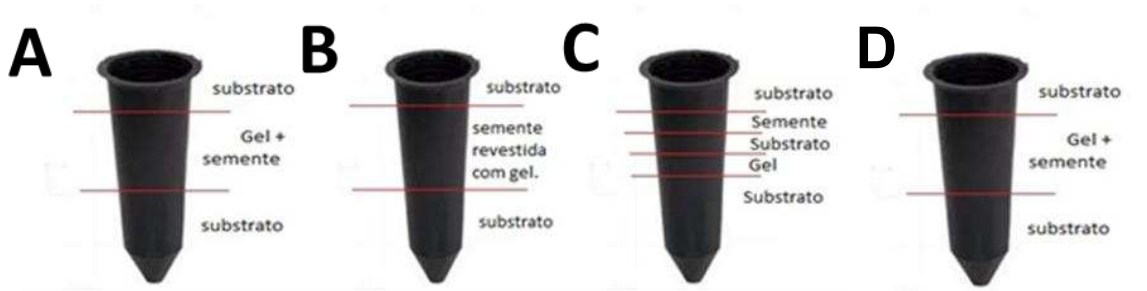
Os parâmetros avaliados foram os mesmos do experimento 1. Para a variável emergência a avaliação foi realizada 2° ao 10° DAS, com monitoramento diário.

### **Experimento 4:**

Para este experimento foram testadas as doses 0,00; 0,12; 0,14; 0,16 0,18 e 0,20 gramas de PSA seco por semente. Cada dose representou um tratamento na cova de semeadura, sendo que o PSA foi hidratado antes de ser inserido nos tubetes e colocado diretamente em contato com a semente (Figura 2). O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizados, com cinco repetições. Cada unidade experimental foi composta por 40 sementes e 20 plântulas de cada unidade foram escolhidas aleatoriamente para a avaliação.

As plântulas foram semeadas em março de 2017 e regadas até 13° DAS, após esse dia foi suspensa a rega induzindo um déficit hídrico de 12 dias. Após 25 DAS às plântulas foram avaliadas.

Os parâmetros avaliados foram os mesmos do experimento 1. Para a variável emergência a avaliação foi realizada a partir do 4° até 10° DAS, com monitoramento diário.



**Figura 2.** Demonstração da posição da semente de sorgo forrageiro e do Polímero Superabsorvente (PSA) dentro do tubetes, de acordo com os 3 métodos de aplicações do PSA. **A:** Experimento 1 o PSA se encontra em contato com a semente; **B:** Experimento 2 o PSA se encontra revestido na semente; **C:** Experimento 3 o PSA se encontra separado da semente; **D:** Experimento 4 o PSA se encontra em contato com a semente. No experimento 5 usou-se os métodos A, B e C.

### **Experimento 5:**

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizados em Esquema Fatorial 7x3+1 (7 doses de PSA 0,0; 0,4; 0,8; 0,12; 0,16; 0,20 e 0,24 g/semente, com 3 métodos diferentes de aplicação do PSA, revestido, em contato e separado da semente, estes receberam déficit hídrico. O tratamento adicional foi o outro controle sem a presença do PSA, porém este foi irrigado sempre que necessário), com quatro repetições. Cada unidade experimental foi composta por 50 sementes e 10 plântulas de cada unidade foram escolhidas aleatoriamente para a avaliação. As plântulas foram semeadas em outubro de 2017 e regadas até 17º DAS, após esse dia foi suspensa a irrigação induzindo um déficit hídrico de 10 dias. Após 27 DAS às plântulas foram avaliados. O tratamento que não recebeu o déficit hídrico foi irrigado durante os 27 DAS.

Foram testados doses e métodos de aplicação do PSA. E para as variáveis estudadas a interação entre doses e métodos foi significativa. Portanto, foi realizado o desdobramento, onde os dados quantitativos foram analisados por regressão e os dados qualitativos analisados pelo teste de média Scott-Knott a 5%.

Os parâmetros avaliados foram os mesmos do experimento 4 acrescido da contagem do número de folhas que foi realizado no dia da avaliação e o sintoma visual do déficit hídrico que consistiu na avaliação das plântulas no qual foram dadas notas de 0 à 8 para 10 plântulas de cada unidade experimental. Cada nota corresponde à característica das plântulas no dia da avaliação:

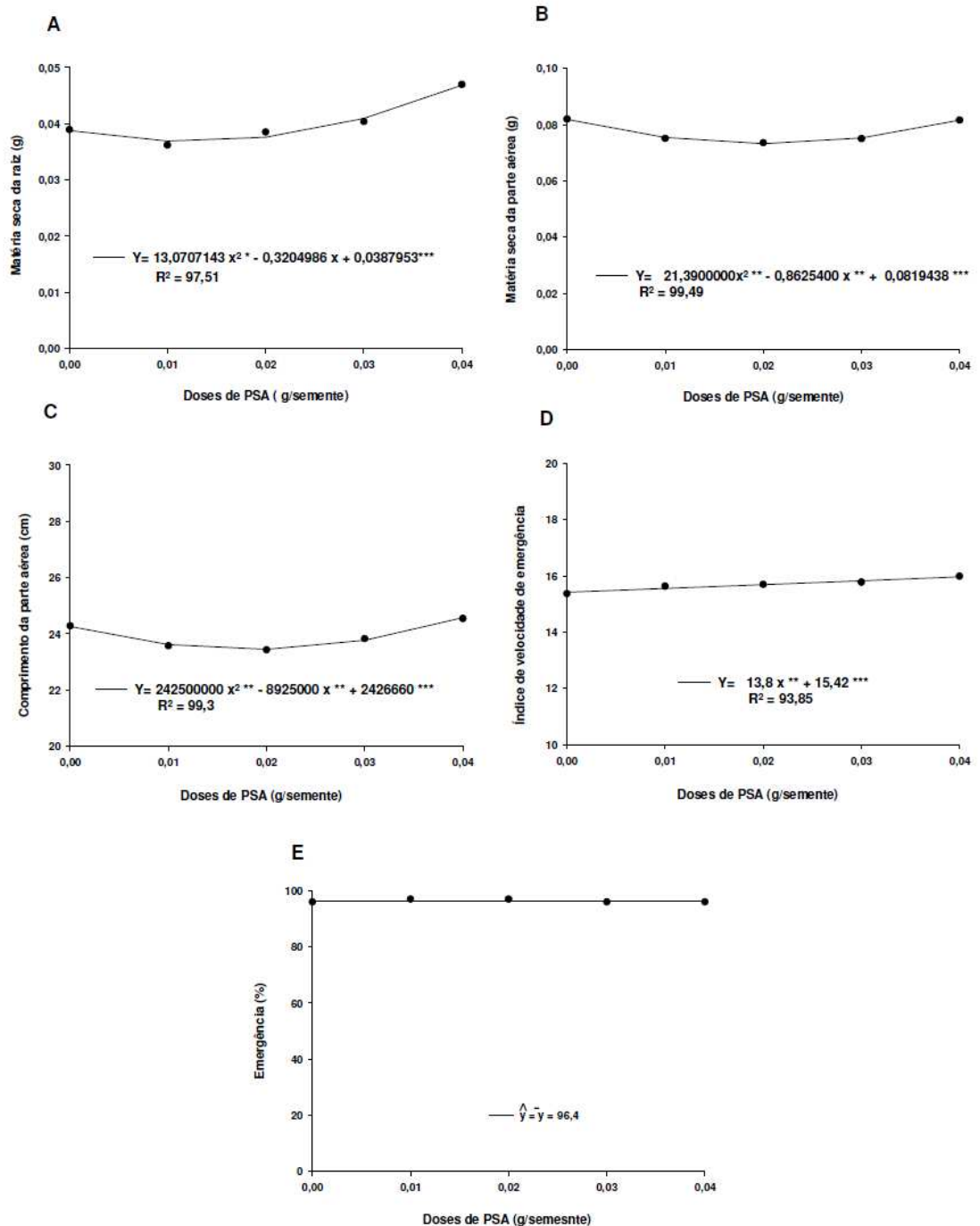
**0**→ plântula seca e deitada; **1**→ plântula seca e inclinada; **2**→ plântula seca e ereta; **3**→ plântula amarela e deitada; **4**→ plântula amarela e inclinada; **5**→ plântula amarela e ereta; **6**→ plântula verde e deitada; **7**→plântula verde e inclinada; **8**→ plântula verde e ereta.

Inicialmente os dados coletados para as características foram submetidos a testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Bartlett) de variância. Atendidas as premissas de normalidade e homogeneidade de variância submeteu-se a análise de variância e de regressão para os experimentos 1, 2, 3 e 4 e esquema fatorial  $7 \times 3 + 1$  para o 5º experimento. Esses processamentos foram realizados conforme Dias e Barros (2009), no software livre R bio versão 08/2017 (Bhering, 2017).

#### 4. RESULTADOS

##### **Experimento 1: O PSA foi aplicado em contato com a semente.**

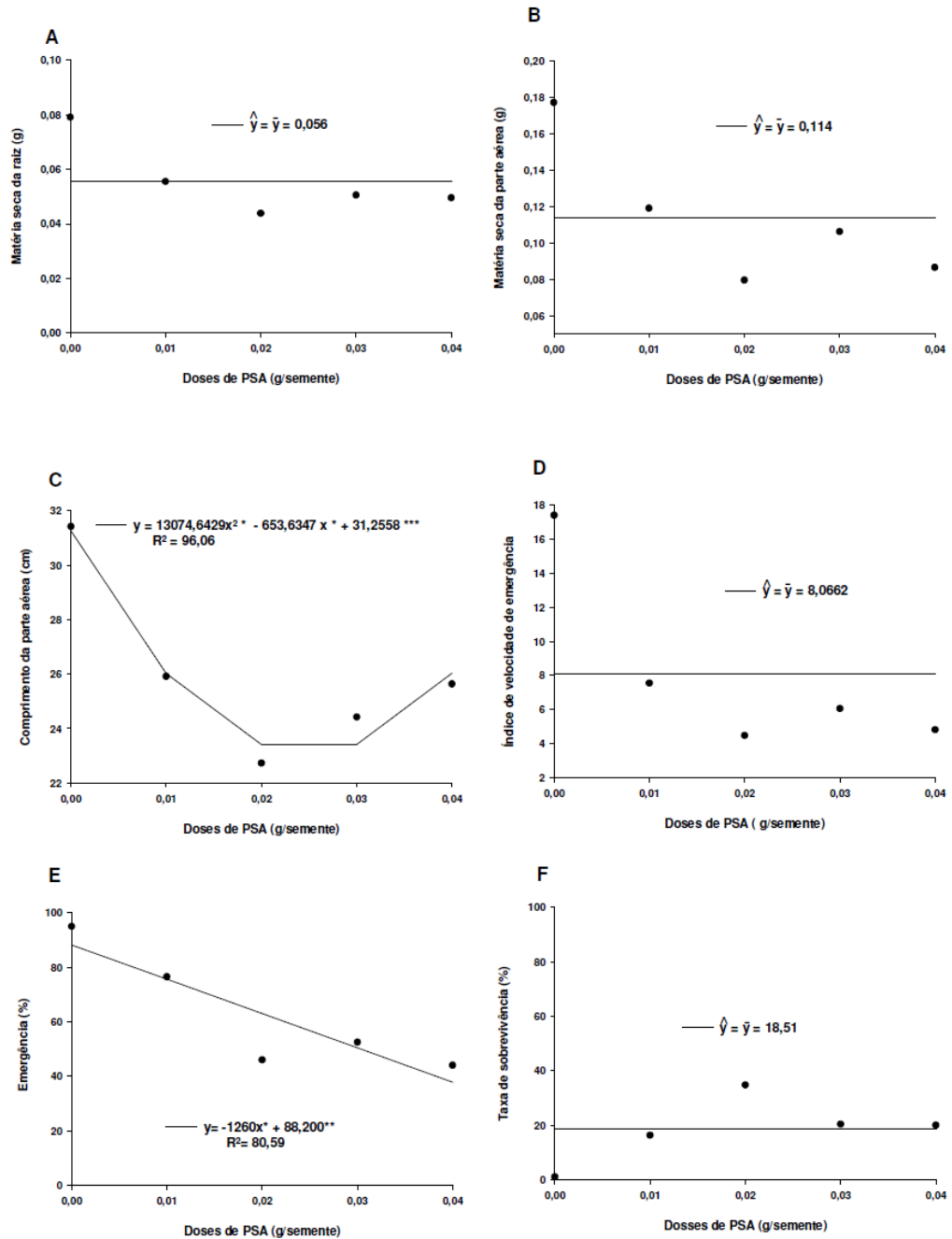
Para as variáveis, massa de matéria seca da raiz (MSR), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), comprimento da parte aérea (CPA) e índice de velocidade de emergência (IVE), observou-se que a medida que se aumentava a dose de PSA na semente verificou-se uma leve tendência de aumento nas características de desenvolvimento vegetativo (Figura 3). E para a variável emergência (E) não houve efeito significativo, indicando que a dose máxima de PSA que foi de 0,04g/semente não interferiu na emergência da semente.



**Figura 3:** Características avaliadas em função das diferentes doses de Polímero Superabsorvente (PSA) hidratado em contato com a semente aplicado na cova. **A:** Matéria seca da raiz; **B:** Matéria seca da parte aérea; **C:** Comprimento da parte aérea; **D:** Índice de velocidade de emergência; **E:** Porcentagem de emergência.

## Experimento 2: PSA revestido na semente.

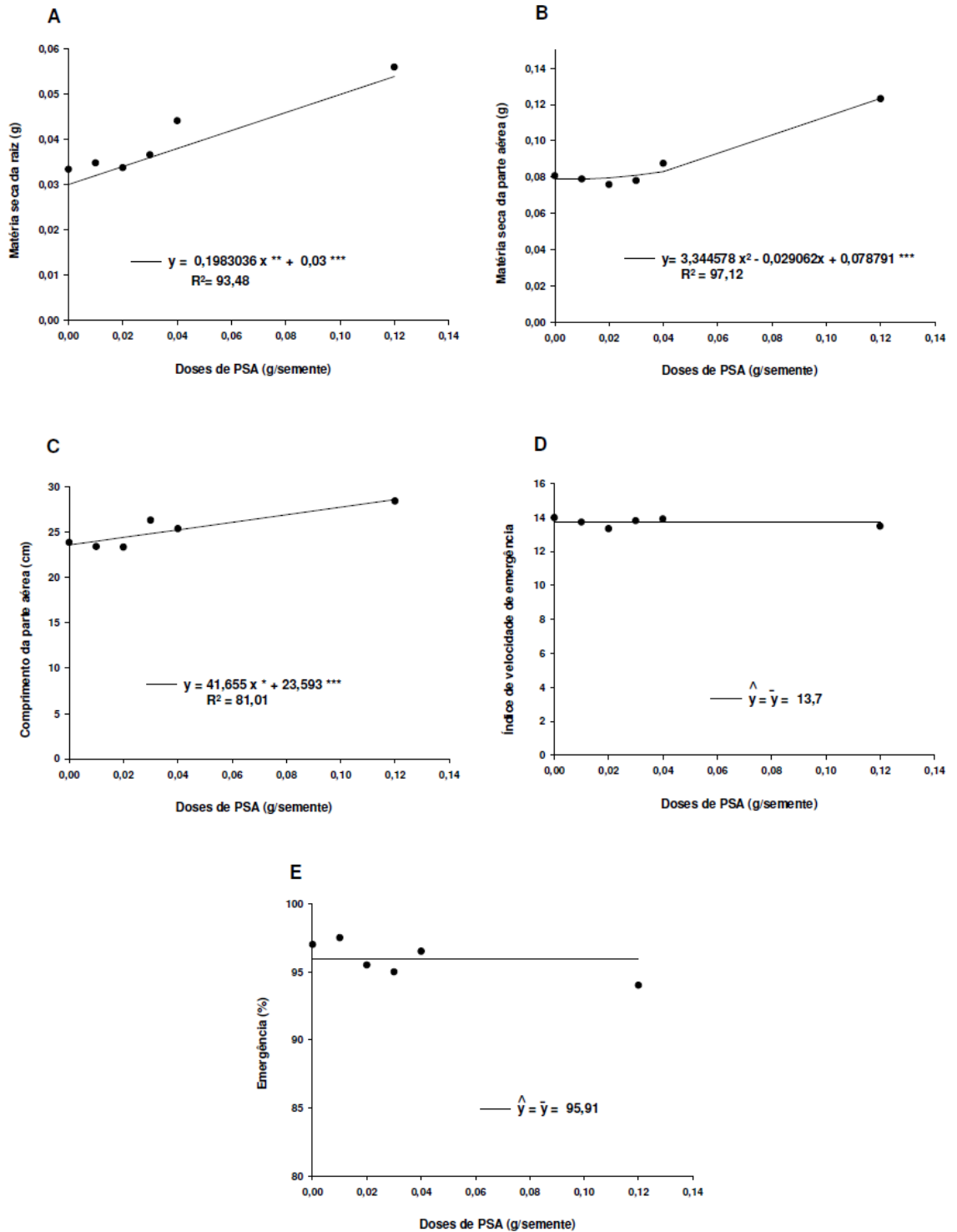
Observou-se que o aumento de PSA na semente, resultou no decréscimo do CPA e E (Figura 4), para as outras características de desenvolvimento vegetativo o efeito das doses testadas não foram significativas.



**Figura 4:** Diferentes doses de Polímero Superabsorvente (PSA) testados como revestimento em sementes em função das variáveis pelo teste de regressão. **A:** Matéria seca da raiz; **B:** Parte aérea; **C:** Comprimento da parte aérea; **D:** Índice de velocidade de emergência; **E:** Porcentagem de emergência; **F:** Taxa de sobrevivência.

**Experimento 3: PSA separado da semente.**

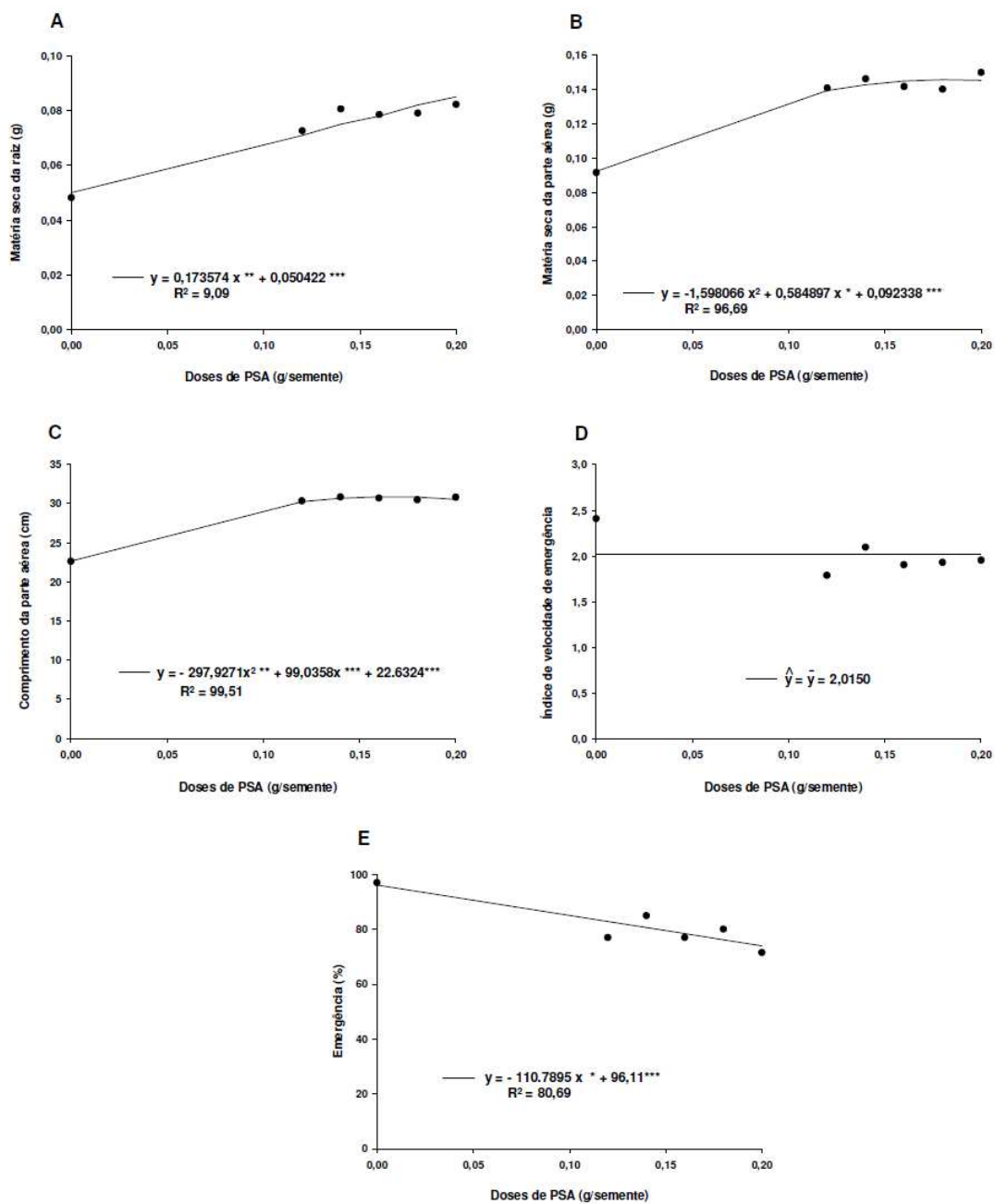
Observou-se que a dose de 0,12g de PSA/semente resultou em incremento das variáveis MSR, MSPA, e CPA, porém, não houve interferência da dose no IVE e E (Figura 5).



**Figura 5:** Diferentes características analisadas em função das doses de Polímero Superabsorvente (PSA) separados da semente testados em covas. **A:** Matéria seca da raiz **B:** Matéria seca da parte aérea **C:** Comprimento da parte aérea; **D:** Índice de velocidade de emergência; **E:** Porcentagem de emergência.

#### **Experimento 4**

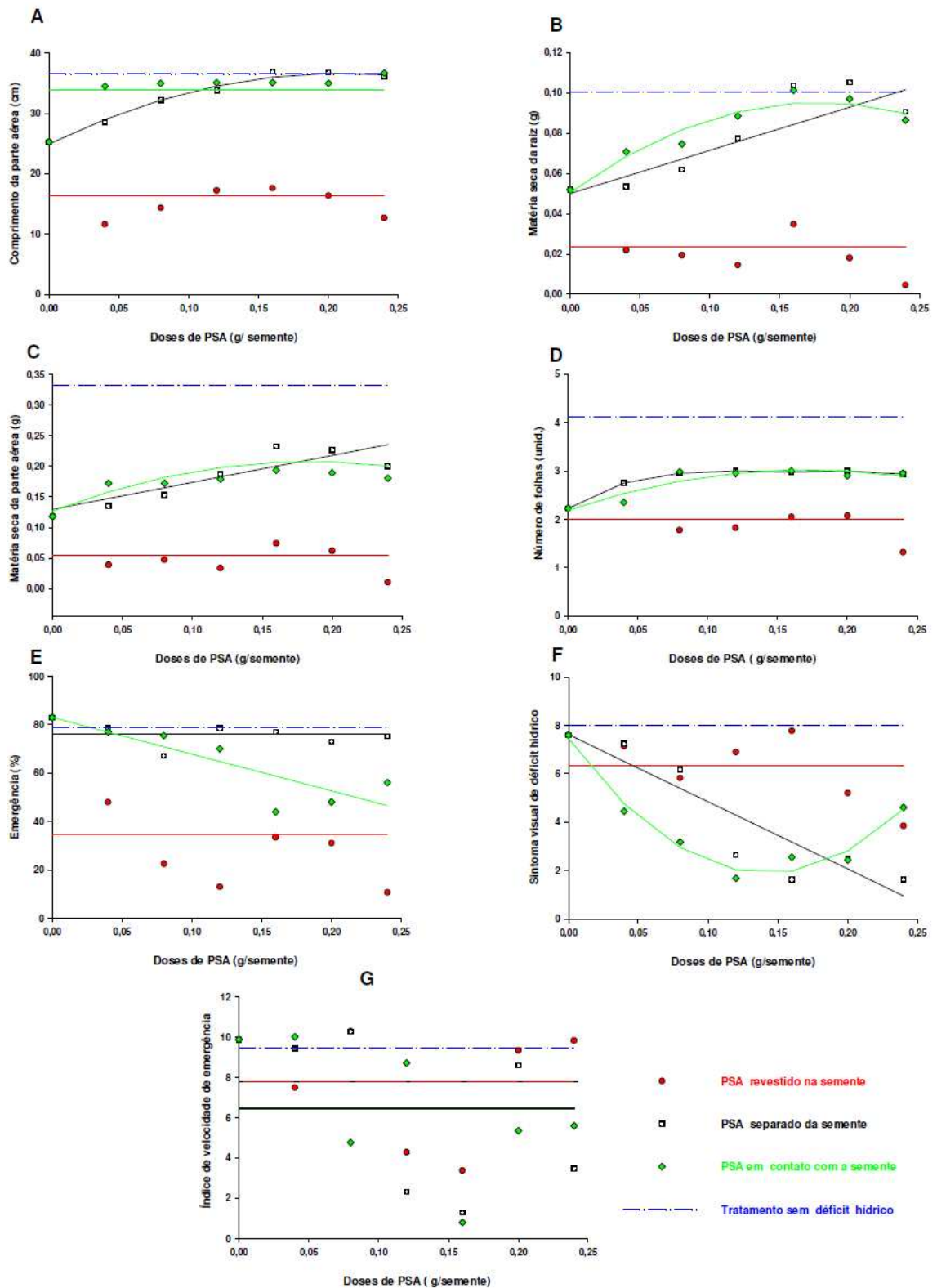
Quando se aumentou a dose de PSA houve um aumento das variáveis MSR, CPA e MSPA (Figuras 6). Para o IVE não houve efeito significativo e a E diminuiu com o aumento das doses de PSA.



**Figura 6:** Diferentes características analisadas em função das doses do Polímero Superabsorvente (PSA) hidratado em contato com a semente testados em cova. **A:** matéria seca da raiz; **B** matéria seca da parte aérea; **C:** comprimento da parte aérea; **D:** índice de velocidade de emergência; **E:** porcentagem de emergência.

### **Experimento 5: Comparação entre doses e métodos.**

A interação entre doses e métodos foi significativa para todas as variáveis estudadas neste experimento. Portanto, foi realizado o teste de média Scott Knott para avaliação dos métodos e regressão para avaliação das doses. De acordo com a análise quantitativa (doses), verificou-se que a medida que se aumenta a dose de PSA na semente houve aumento nas variáveis CPA, MSR, MSPA e NF e o aumento do sintoma visual de déficit hídrico, porém para as maiores doses testadas houve um decréscimo do sintoma. Para a variável emergência (E) o decréscimo ocorreu apenas para o método PSA em contato com a semente. Os modelos estudados não explicaram os dados para as características de desenvolvimento vegetativo a seguir: para E no método PSA separado da semente, para o CPA nos métodos semente em contato e revestida com PSA e para o IVE (Figura 7).



**Figura 7:** Efeito de doses de Polímero Superabsorvente (PSA) e 3 métodos de aplicação do PSA no comprimento da parte aérea (A); matéria seca da raiz (B); matéria seca da parte aérea (C); Número de folhas (D); porcentagem de emergência (E); sintoma visual de déficit hídrico (F); índice de velocidade de emergência (G).

Tabela 1: Equações referentes aos gráficos da figura 7. **(A)**: comprimento da parte aérea; **(B)**: matéria seca da raiz; **(C)**: matéria seca da parte aérea; **(D)**: Número de folhas; **(E)**: porcentagem de emergência; **(F)**: sintoma visual de déficit hídrico; **(G)**: índice de velocidade de emergência.

Gráficos	Equações	r <sup>2</sup>
A	$\circ \hat{y} = \bar{y} = 16,47$ $\square y = -267,6711x^2 ** + 112,0982x *** + 24,9140 ***$ $\diamond \hat{y} = \bar{y} = 33,78$	R <sup>2</sup> = 98,54
B	$\circ \hat{y} = \bar{y} = 0,0236$ $\square y = 0,2144x * + 0,05 **$ $\diamond y = -1,4099x^2 * + 0,5015x ** + 0,05060 **$	R <sup>2</sup> = 69,65 R <sup>2</sup> = 93,06
C	$\circ \hat{y} = \bar{y} = 0,0551$ $\square y = 0,4386x * + 0,13 ***$ $\diamond y = -2,3795x^2 * + 0,8768x * + 0,1271 ***$	R <sup>2</sup> = 73,22 R <sup>2</sup> = 87,75
D	$\circ \hat{y} = \bar{y} = 2,00$ $\square y = -28,9435x^2 * + 9,3482x ** + 2,3174 ***$ $\diamond y = -28,5714x^2 * + 9,7857x * + 2,1857 ***$	R <sup>2</sup> = 92,30 R <sup>2</sup> = 86,58
E	$\circ \hat{y} = \bar{y} = 34,52$ $\square \hat{y} = \bar{y} = 76,05$ $\diamond y = -152,2321x * + 83,05 ***$	R <sup>2</sup> = 73,43
F	$\circ \hat{y} = \bar{y} = 6,33$ $\square y = -27,7946 x ** + 7,62 ***$ $\diamond y = 275,9673x^2 *** - 78,4375x *** + 7,4567 ***$	R <sup>2</sup> = 81,26 R <sup>2</sup> = 96,78
G	$\circ \hat{y} = \bar{y} = 7,78$ $\square \hat{y} = \bar{y} = 6,46$ $\diamond \hat{y} = \bar{y} = 6,44$	

Comparando os métodos utilizados, o método semente colocada em contato com PSA (J) para a característica comprimento da parte aérea (Figura 8C) não diferiu-se estatisticamente do controle sem déficit hídrico para todas as doses utilizadas, já para o método semente separada do PSA (S) este resultado só foi possível a partir da dose de 0,08g de PSA/semente, sendo que ambos os métodos diferiram-se do controle com déficit hídrico e do método revestido na semente nas doses citadas.

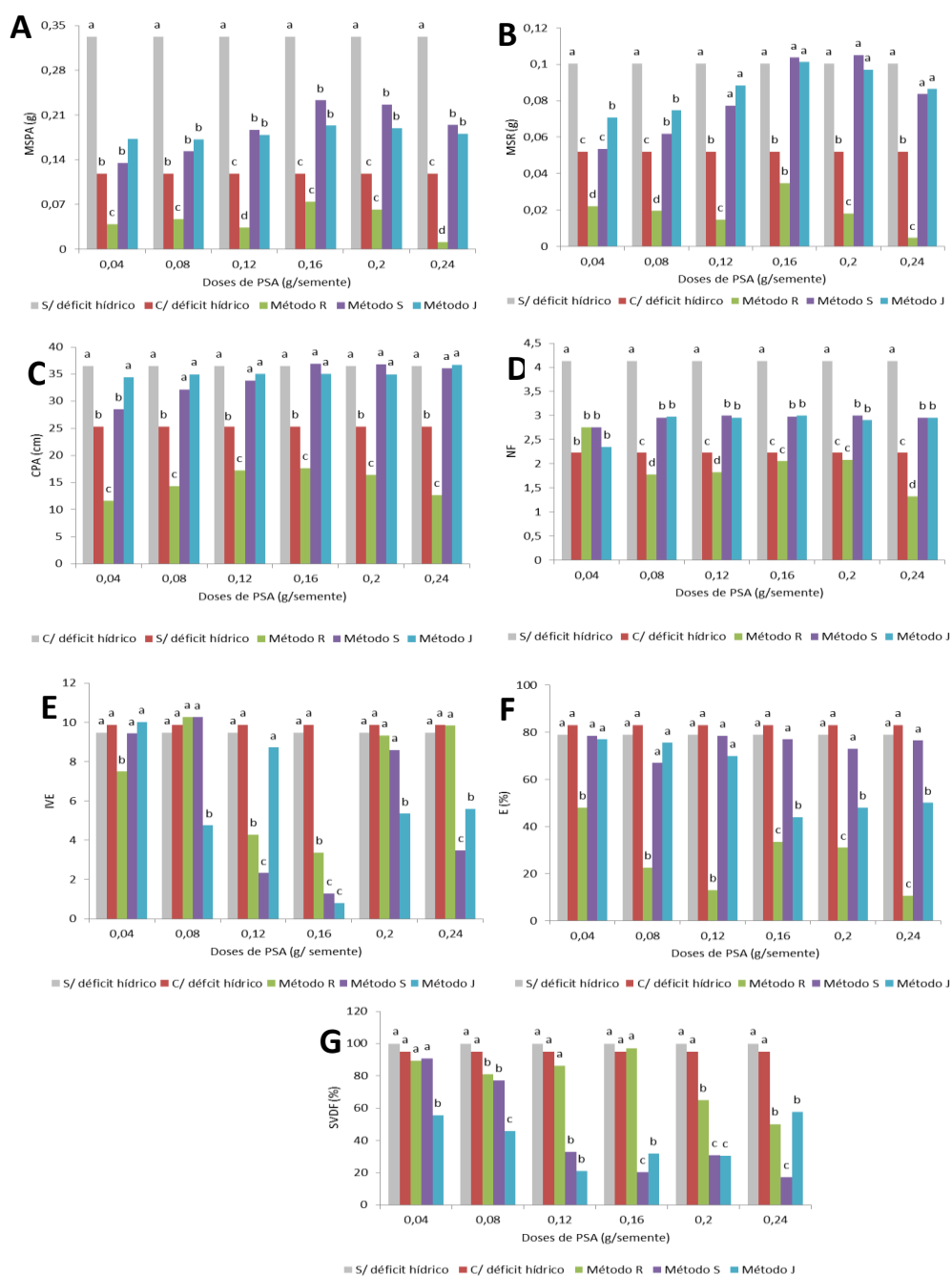
A partir da dose de 0,12g de PSA/semente a variável MSR (Figura 8B) nos métodos semente colocada em contato com PSA (J) e semente separada do PSA(S), não se diferiram estatisticamente do controle sem déficit hídrico.

Para as variáveis MSPA (Figura 8A) a partir da dose de 0,12g de PSA/semente e NF (Figura 9D) a partir da dose de 0,08g de PSA/semente, observou-se que os métodos semente separada do PSA (S) e semente colocada em contato com PSA (J) proporcionaram um aumento nos valores das variáveis em relação ao controle com déficit hídrico.

Para o IVE (Figura 8E) os tratamentos sem déficit hídrico e com déficit hídrico não se diferiram estatisticamente nas doses 0,08; 0,20 e 0,24g de PSA/semente para o método PSA revestido na semente, nas doses de 0,04; 0,08 e 0,20g de PSA/semente para o método semente separada do PSA(S) e nas doses de 0,04 e 0,12g de PSA/semente para o método semente colocada em contato com PSA (J).

Para a E (Figura 8F) até a dose de 0,12g de PSA/semente os métodos semente colocada em contato com PSA (J) e semente separada do PSA (S) não se diferiram estatisticamente dos controles sem déficit hídrico e com déficit hídrico, entretanto, a partir desta dose o método semente separada do PSA não se diferenciou.

Na Figura 8G, variável SVDF, o método PSA revestido na semente nas doses de 0,04; 0,12 e 0,16g de PSA/semente não se diferiu estatisticamente dos controles sem déficit hídrico e com déficit hídrico. E o método semente separada do PSA(S) obteve os menores valores nas doses de 0,16 e 0,24g de PSA/semente quando comparado aos demais métodos.



**Figura 8:** Análise dos métodos de aplicação do PSA em plântulas de sorgo forrageiro com diferentes doses do Polímero Superabsorvente (PSA) pelo teste ScottKnott a 5%. **S/ déficit hídrico:** Controle que não recebeu o déficit hídrico; **C/ déficit hídrico:** Controle que recebeu o déficit hídrico; **Método R:** Semente revestida com PSA; **Método S:** Semente separada do PSA na cova de semeadura e **Método J:** Semente colocada em contato com PSA na cova de semeadura. **A:** matéria seca da parte aérea; **B:** matéria seca da raiz; **C:** comprimento da parte aérea; **D:** número de folhas; **E:** índice de velocidade de emergência; **F:** porcentagem de emergência; **G:** sintoma visual do déficit hídrico (SVDF).

## 5. DISCUSSÃO

No primeiro experimento, em que foi testado o PSA hidratado na cova de semeadura, foi possível observar leve efeito do PSA em pequenas doses nas características de desenvolvimento vegetativo (Figura 3). Provavelmente as doses do PSA testadas foram baixas para o tipo de substrato utilizado. Deste modo, não foi possível identificar uma dose de PSA aplicada na cova que resultasse em incremento expressivo.

No experimento 2, em que foi testado o PSA como revestimento das sementes, observou-se que as doses de PSA não influenciaram as variáveis resposta MSR, MSPA, IVE e taxa de sobrevivência. Entretanto houve um decréscimo na emergência e no CPA. Provavelmente, esse efeito se deve ao fato de que as sementes revestidas com PSA demoraram mais tempo para emergir, resultando em plântulas menores quando comparadas ao controle num curto espaço de tempo. Sampaio e Sampaio (1994), observaram que o revestimento de sementes atrasa a germinação em relação as sementes não revestidas em função da barreira física ocasionada pelo material. Isso pode ser um indicativo do menor IVE das plântulas encontrados neste experimento cujas sementes foram revestidas com PSA (Figura 4D). Resultados similares foram encontrados por Barros et al. (2017), estudando revestimento de sementes de sorgo com PSA, que verificaram efeito negativo na taxa de emergência das sementes revestidas com PSA. Esses autores sugeriram que a taxa de emergência observada em sementes revestidas pode ser agravada pelo tamanho reduzido da semente, devido a pouca quantidade de reservas.

Entretanto, Su et al. (2017) testando diferentes tipos de polímeros para revestimento de sementes de *Caragana korshinskii*, perceberam que o polímero composto por acrilato de potássio e de sódio (mesmo composto do polímero usado nestes experimentos), acelerou o processo de germinação das sementes em relação às outras composições de PSAs testadas. Logo, outros processos bioquímicos devem estar envolvidos na interação entre o PSA e o resultado final da germinação, como o tipo de sementes (espécie), a quantidade de PSA, o tipo e quantidade de adesivo utilizado para aderir o PSA à semente e o próprio material do PSA.

No ensaio em que o PSA foi aplicado via revestimento de semente observou-se redução da germinação e menor desenvolvimento da plântula quando comparado aos

tratamentos sem PSA ou quando o PSA foi aplicado em cova. Por outro lado o PSA hidratado ajudou no desenvolvimento inicial da plântula. Uma hipótese para esse efeito negativo do PSA via revestimento pode ser o uso da gelatina como adesivo, uma vez que a mistura gelatina com PSA pode ter formado uma camada impermeável gerando anoxia ou hipoxia para o embrião. Essa anoxia ou hipóxia pode ser causada pela formação de um filme de água em torno da semente impedindo a entrada de oxigênio para o embrião, pois o oxigênio tem dificuldade em se dissolver em água, tornando-se um empecilho para a sua difusão até a semente (Carvalho et al., 2012). De acordo com Sachs et al. (1981), citado por Pereira et al. (2005), realizando um estudo de recobrimento de sementes de pimentão, os resultados indicaram que possivelmente é preciso de altas concentrações de oxigênio para a germinação de sementes recobertas.

Outro fator a ser considerado é a quantidade de adesivo utilizado para fixação do PSA nas sementes, uma maior quantidade de adesivo possivelmente impede a absorção de água pelo PSA, o que pode ter ocasionado o menor desenvolvimento da semente. Grellier et al. (1999), relatou que a alta concentração de adesivo pode interferir negativamente na transferência de água em sementes granuladas.

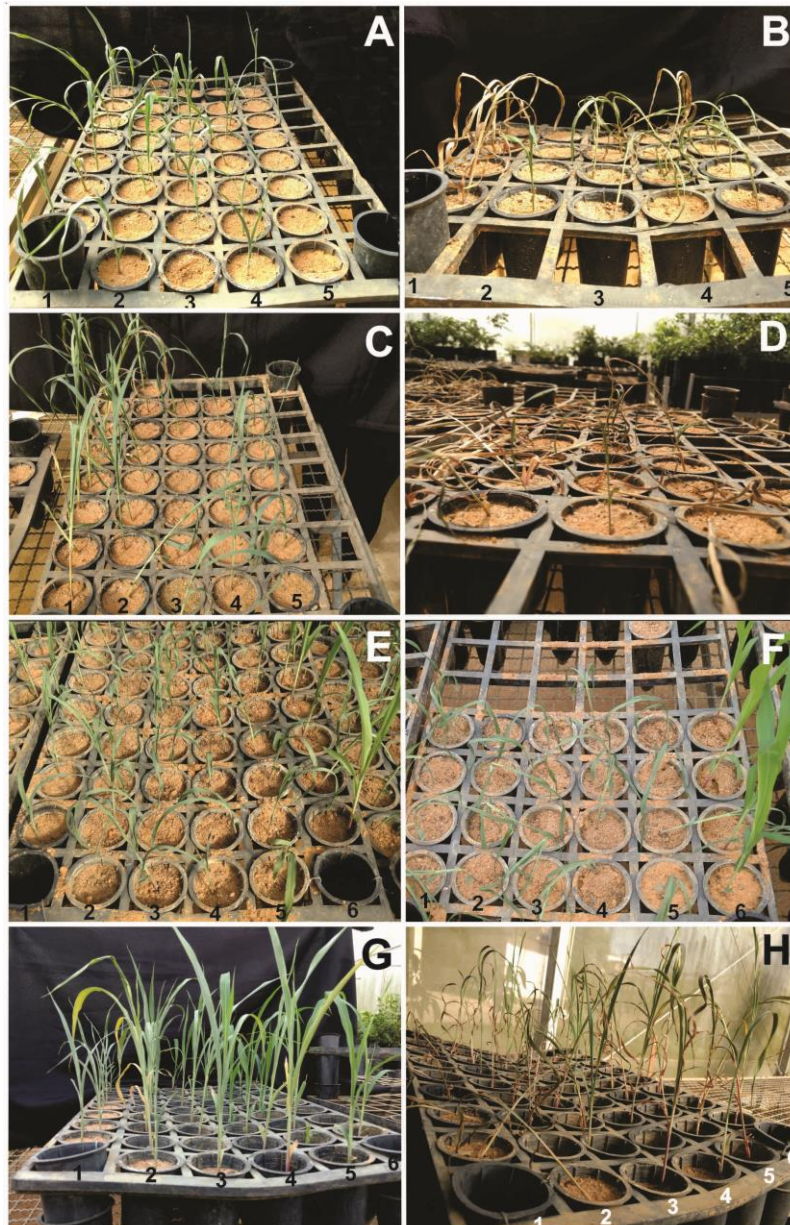
Contudo, como trata-se de um processo tecnológico em desenvolvimento (revestimento com PSA), ainda não se tem todas as possíveis interações entre o PSA e as estratégias de veiculação do produto na semente, sendo que o PSA utilizado é recomendado para mudas, pois não é conhecido um PSA recomendado para sementes. Além disso, em ensaios preliminares com diversos adesivos (dados não publicados), não foi observado efeito negativo do adesivo aplicado isolado nas sementes. Contudo, pode haver interações entre a gelatina e o PSA, sendo este efeito prejudicial à semente.

Uma outra hipótese para o efeito positivo encontrado por Su et al. (2017) no revestimento de sementes com PSA, seria o tamanho das sementes, sendo a da *Caragana korshinskii* maior que a do sorgo. Como as sementes de sorgo possuem pouca reserva, o efeito da barreira física causada pelo PSA pode ter sido mais expressiva nesta espécie. Plantas resultantes de sementes pequenas possuem desenvolvimento inicial lento quando comparado a de uma planta resultante de semente grande (Carvalho et al., 2012).

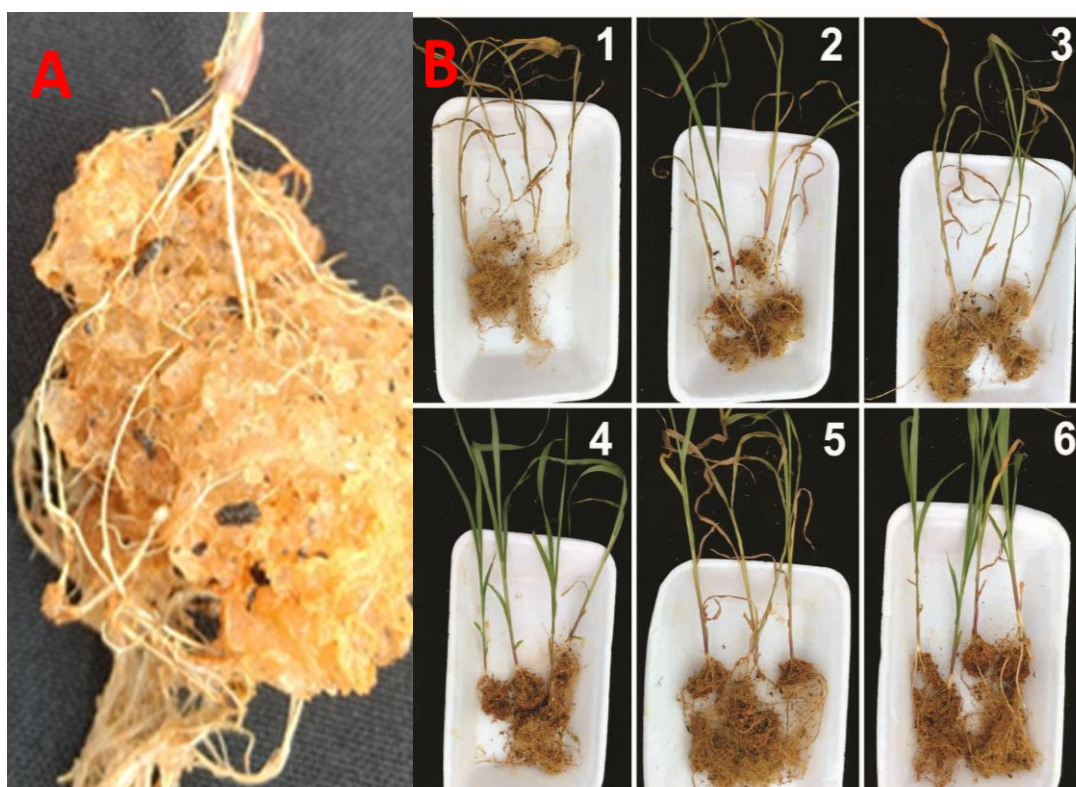
Logo, para elucidar tais efeitos, foi realizado o experimento 3, em que foi testado o PSA já hidratado na cova de semeadura e separado espacialmente das

sementes. Neste caso, foi possível comprovar o efeito benéfico do PSA no desenvolvimento inicial das plântulas de sorgo, cujo efeito do PSA na sobrevivência das plântulas sob condições de déficit hídrico foi observado visivelmente (Figuras 9E e 9F). Neste caso, as plântulas do controle e das doses mais baixas entraram em senescência o que não ocorreu no tratamento com a maior dose (0,12g de PSA/semente), indiciando que nos experimentos anteriores a este a dose de PSA pode ter sido subestimada o que não permitiu captar grandes aumentos no desenvolvimento inicial.

Na sequência, realizou-se o experimento 4 com doses maiores do que aquelas utilizadas nos anteriores. Neste caso, o PSA foi aplicado hidratado na cova de semeadura e em contato com as sementes. Foi observado aumento no valor das variáveis CPA, MSPA e MSR em função do aumento da dose de PSA, evidenciando o efeito benéfico do PSA como no experimento 1. Este aumento nos valores deve ter ocorrido devido a maior disponibilidade de água para as plântulas se desenvolverem e, conseqüentemente, melhor absorção de nutrientes. Este maior crescimento da parte aérea quando se utiliza o PSA também foi observado por Bernardi et al. (2012) em mudas de eucalipto. Observou-se que o PSA manteve-se aderido às raízes o que pôde favorecer a hidratação da plântula mesmo em condições de déficit hídrico, visto que o PSA retém água por maior tempo que o substrato (Figura 10A). Isso resulta na maior sobrevivência das plântulas quando submetidas ao déficit hídrico (Figuras 9H e 10B). Além disso, é possível que o PSA promova maior contato das raízes com o substrato e nutrientes, motivos pelo qual o uso do PSA traz melhorias na eficiência do uso da água e adequada extração de nutrientes (Agaba et al., 2011).



**Figura 9:** Efeito de diferentes doses do Polímero Superabsorvente (PSA) nos 4 ensaios realizados. **A1; B1; C1; E1; F1; G1; H1:** dose 0g de PSA/semente (controle); **A2; B2; C2; E2; F2:** dose de 0,01g de PSA/semente; **A3; B3; C3; E3; F3:** dose de 0,02g de PSA/semente; **A4; B4; C4; E4; F4:** dose de 0,03g de PSA/semente; **A5; B5; C5; E5; F5:** dose de 0,04g de PSA/semente; **E6; F6; G2 e H2:** dose de 0,12g de PSA/semente; **G3 e H3:** dose de 0,14g de PSA/semente; **G4 e H4:** dose de 0,16g de PSA/semente; **G5 e H5:** dose de 0,18g de PSA/semente; **G6 e H6:** dose de 0,20g de PSA/semente. **B:** Ensaio 1 após 8 dias de déficit hídrico; **D:** Ensaio 2 após 13 dias de déficit hídrico; **F:** Ensaio 3 após 8 dias de déficit hídrico; **H:** Ensaio 4 após 12 dias de déficit hídrico.



**Figura 10:** **A:** Raízes de sorgo forrageiro penetram o Polímero Superabsorvente (PSA) conferindo maior contato e provavelmente maior absorção de água. **B:** Comparação entre diferentes doses de PSA hidratado, aplicados na cova de semeadura, após 12 dias de déficit hídrico. Doses, **B1:** 0g de PSA/semente; **B2:** 0,12g de PSA/semente; **B3:** 0,14g de PSA/semente; **B4:** 0,16g de PSA/semente; **B5:** 0,18g de PSA/semente; **B6:** 0,20g de PSA/semente.

E por fim realizou-se o 5º experimento para avaliar se a interação entre doses e métodos poderia beneficiar as plântulas de sorgo após indução de déficit hídrico. Neste ensaio, observou-se que foi proporcionado incremento nas variáveis MSPA (Figura 8A), NF (Figura 8D), CPA (Figura 8C) e MSR (Figura 8B) em função da dose de PSA pelos métodos semente colocada em contato com PSA e semente separada do PSA. Estes métodos proporcionaram efeito benéfico no desenvolvimento inicial das plântulas, possivelmente devido à melhor hidratação das raízes.

Segundo Carneiro et al. (2011), a água além de ser necessária ao crescimento das células é um elemento essencial para a manutenção da turgescência. Sob deficiência hídrica, a primeira alteração que ocorre nas plantas é a diminuição de turgescência, levando imediatamente a diminuição do crescimento. Assim, a redução na parte aérea pode ser considerada como a primeira reação das plantas submetidas à falta d'água (Ferrari et al., 2015).

No presente trabalho foi observado que houve efeito do déficit hídrico para as variáveis MSPA e NF (Figura 8A e 8D), porém este efeito foi menor quando comparado ao controle que recebeu o déficit hídrico. Assim como para as variáveis CPA e MSR, já que os resultados destas variáveis atingiram valores iguais ao controle que não recebeu déficit hídrico. As plântulas acumularam mais MSPA e MSR na presença do polímero superabsorvente quando comparados ao controle com déficit hídrico. Azevedo et al. (2000), estudando a eficiência do polímero superabsorvente no fornecimento de água para o cafeeiro, cultivar Tupi, percebeu que o efeito do polímero foi significativo para as variáveis altura de planta, massa seca da parte aérea e matéria seca da planta. Em condições de estresse hídrico observa-se atraso no ciclo fenológico das plantas e conseqüentemente redução na velocidade de lançamento de folhas novas, que por sua vez seria um mecanismo de adaptação da planta (Taiz & Zeiger et al., 2009). Chaves et al. (2004) observaram que as plantas de eucalipto submetidas ao déficit hídrico apresentavam uma menor área foliar do que os tratamentos que foram irrigados. Portanto terá um menor valor na variável MSPA.

Em relação aos métodos para a variável E (Figura 8F) as doses acima de 0,12g de PSA/semente foram prejudiciais ao método semente colocada em contato com PSA (J) sendo que a dose não afetou o método semente separada do PSA (S), possivelmente maiores quantidades de PSAs fornecem maior disponibilidade de água, o que pode tornar-se um empecilho para a emergência das plântulas quando em contato com a semente, supostamente porque a semente fica envolta por um filme de água podendo ocorrer anoxia, hipoxia ou apodrecimento da mesma. Esse prejuízo na germinação de sementes também foi observado por outros autores. Pazderu e Koudela (2013), testando a aplicação de PSA em alface e cebola para a germinação de sementes em diferentes condições de umidade, observaram que elevadas doses de PSA prejudicaram a germinação das sementes. Moreira et al. (2011) observaram que o número de brotações e comprimento de raízes de amoreira com doses maiores que  $5,6\text{g.L}^{-1}$  provavelmente proporcionaram umidade excessiva ao substrato, diminuindo a aeração e, como conseqüência, prejudicando a formação das mudas.

Para variável IVE (Figura 8E) os dados não foram conclusivos devido as oscilações das respostas, necessitaria de repetir o experimento para analisar os dados desta variável, contudo nos experimentos 3 e 4 realizados anteriormente a variável IVE

não foi significativa para os métodos semente colocada em contato com PSA (J) e semente separada do PSA (S).

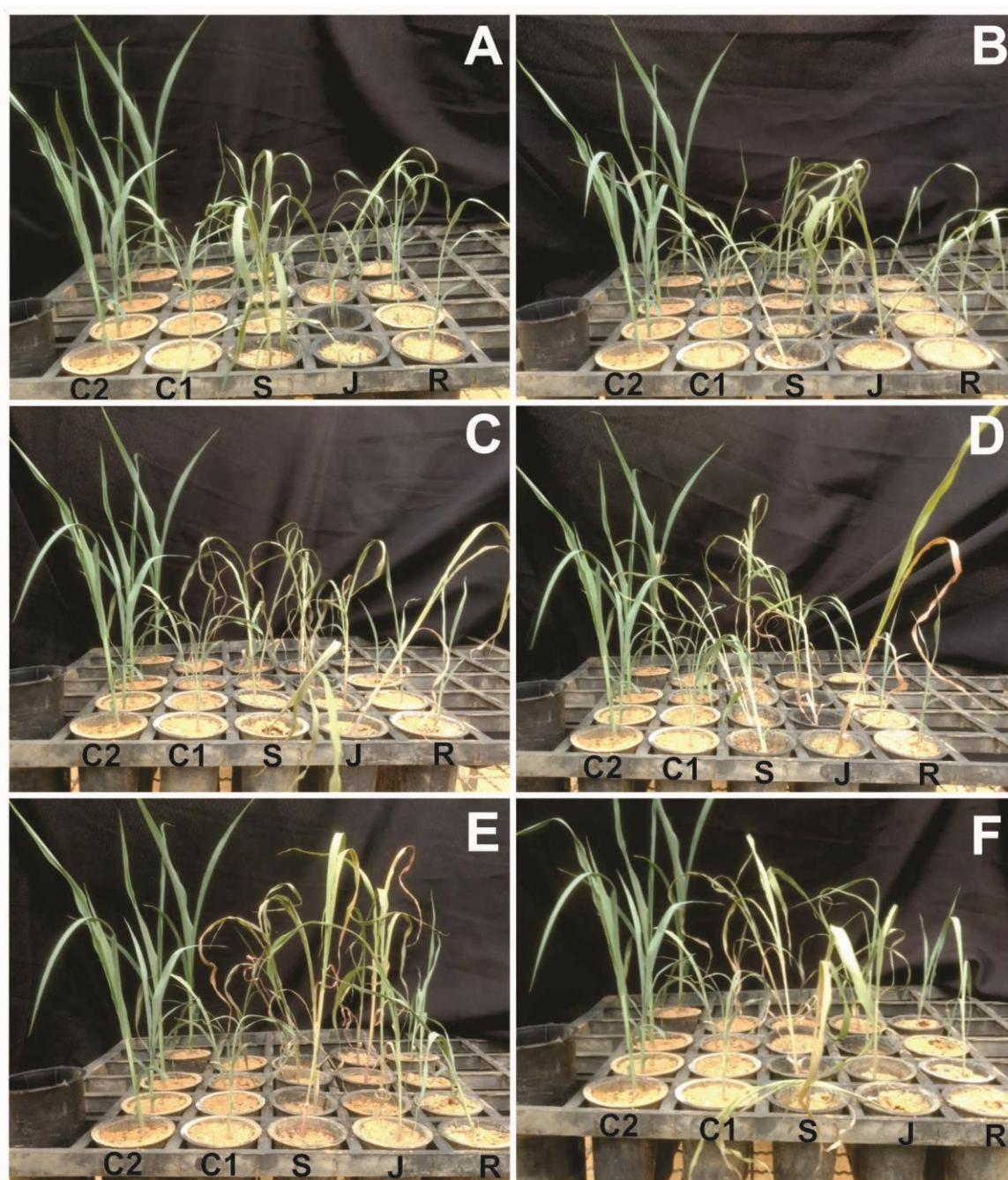
Para o sintoma visual de déficit hídrico (SVDF) o método revestimento de sementes (R) foi o que se sobressaiu aos métodos na cova quando analisadas as dosagens de PSA. Isso pode ter ocorrido pelo fato das plântulas com este método ter obtido um menor desenvolvimento, necessitando desde modo de uma menor quantidade de água para sua sobrevivência. Saad et al. (2009), observou que não houve diferença estatística no uso do hidrogel para o aumento da sobrevivência de plantas de eucalipto, tanto no solo argiloso como no solo arenoso, porém proporcionou maior flexibilidade nos intervalos de irrigação.

Já Wadas Lopes et al. 2010 utilizando o PSA na cova para a sobrevivência de mudas clonais de *Eucalyptus urograndis* com diferentes substratos e manejos hídricos, observaram que a dose de 0,96g de PSA possibilitou 37 dias sem irrigações.

Quando o polímero foi aplicado via revestimento os valores nas variáveis MSPA, MSR, NF, e E decresceram em relação ao controle com déficit hídrico, possivelmente quando o PSA foi aplicado via revestimento, seja por causa do PSA ou do adesivo houve menor disponibilidade de água, com isso o atraso na emergência e no desenvolvimento das plântulas, conseqüentemente as plântulas apresentaram-se menores do que aquelas provenientes dos outros tratamentos.

Analisando a Figura 11, observou-se que a partir da dose de 0,16g de PSA/semente obteve-se maior incremento na variável CPA. Até 15 dias de déficit hídrico as plântulas permaneciam vivas, e as plântulas que foram revestidas com PSA e o controle com déficit hídrico apresentaram-se menores e com menos sintomas de déficit hídrico em relação aos outros tratamentos.

Este estudo trouxe informações importantes que poderão nortear outros trabalhos com PSA em culturas anuais. Sugere-se testar em espécies não tolerantes ao déficit hídrico e com diferentes intervalos de irrigação. Além disso, varias hipóteses foram levantadas a fim de elucidar os entraves ocorridos com o método do revestimento da semente com PSA, por isso são necessários estudos bioquímicos a fim de esclarecer a relação entre o PSA e a semente e PSA e o adesivo, para posteriormente implementar o método PSA revestido na semente.



**Figura 11:** Demonstração dos tratamentos do 5º experimento após 15 dias de déficit hídrico. **C2:** Tratamento sem o PSA que não recebeu o déficit hídrico (controle); **C1:** Tratamento sem o PSA que recebeu o déficit hídrico (Controle); **S:** PSA aplicado separado da semente; **J:** PSA aplicado em contato com a semente; **R:** PSA revestido na semente **A:** Dose de 0,04g de PSA/semente; **B:** Dose de 0,08g de PSA/ semente; **C:** Dose de 0,12g de PSA/semente; **D:** Dose de 0,16g de PSA/semente; **E:** Dose de 0,20g de PSA/semente; **F:** Dose de 0,24g de PSA/semente.

## **6. CONCLUSÕES**

Em condições de déficit hídrico, o efeito da dose do PSA no desenvolvimento vegetativo de plântulas de sorgo é influenciado pelo método de aplicação.

Doses de PSA variando entre 0,16 a 0,24g/semente, quando aplicado na cova de plantio e separado da semente, favorece o desenvolvimento vegetativo de plântulas de sorgo, conforme observado pelo aumento do comprimento da parte aérea, da matéria seca da parte aérea, da matéria seca da raiz e do número de folhas. Porém, a taxa de emergência e o sintoma visual de déficit hídrico foram reduzidos.

Quando PSA foi aplicado em cova em contato com a semente, observou-se efeito similar ao método de aplicação em cova separado, porém com maiores efeitos negativos na taxa de germinação.

O PSA quando aplicado como revestimento de sementes prejudica o percentual de emergência, sendo esse efeito diretamente relacionado à dose.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGABA, H., ORIKIRIZA, L. J., OBUA, J., KABASA, J. D., WORBES, M., HÜTTERMANN, A. **Hydrogel amendment to sandy soil reduces irrigation frequency and improves the biomass of *Agrostis stolonifera***. *Agricultural Sciences*, v. 2, n. 04, 2011. 544p.
- ALVES MARQUES, P. A., DE MELO CRIPA, M. A., & HENRIQUE MARTINEZ, E. **Hidrogel como substituto da irrigação complementar em viveiro telado de mudas de cafeeiro**. *Ciência Rural*, v. 43, n. 1, 2013.
- ANA - Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno / Agência Nacional de Águas**. - Brasília: ANA, 2017. 169p
- AZEVEDO, T. L. F. **Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poliácridamida no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Tupi**. Maringá, Universidade Estadual de Maringá, 2000. 38p. (Dissertação Mestrado).
- AZEVEDO-a, T. L.F; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FRIZZONE, J. A. **Níveis de polímero superabsorvente, frequências de irrigação e crescimento de mudas de café**. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 24, n. 5, 2002. 1239-1243p.
- AZEVEDO-b, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A. **Uso de Hidrogel na agricultura**. *Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta*, v. 1, n. 1, 2002. 23- 31p.
- BALENA, S. P. **Efeito de polímeros hidroretentores nas propriedades físicas e hidráulicas de dois meios porosos**. - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998. Dissertação (Mestrado)
- BARROS, A. F.; PIMENTEL, L. D.; ARAUJO, E. F.; DE MACEDO, L. R.; MARTINEZ, H. E. P.; BATISTA, V. A. P.; DA PAIXÃO, M. Q. **Super absorbent polymer application in seeds and planting furrow: it will be a new**

- opportunity for rainfed agriculture.** Semina: Ciências Agrárias, v. 38, n. 4, 2017. 1703-1714p.
- BERNARDI, M. R.; SPEROTTO JUNIOR, M.; DANIEL, O; VITORINO, A. C. T. **Crescimento de mudas de Corymbia citriodora em função do uso de Hidrogel e adubação.** Cerne, v. 18, n. 1, 2012. 67-74p.
- BHERING, L.L. **Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform.** Crop Breeding and applied biotechnology. v.17, 2017. 187-190p.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Secretaria de defesa agropecuária. Regras para análise de sementes. 2009.
- CAMARA, G. R., REIS, E. F., ARAÚJO, G. L., CAZOTTI, M. M., E DONATELLI JÚNIOR, E. J. **Avaliação do desenvolvimento do cafeeiro conilon robusta tropical mediante uso de polímeros hidroretentores e diferentes turnos de rega.** Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 7, n. 13, 2011. 135-141P.
- CARDOSO, M. J; RIBEIRO, V. Q. **Desempenho agrônômico do feijão caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamento entre linhas e densidade de plantas sob regime de sequeiro.** Ciência Agronômica, Fortaleza v. 37, n. 1, 2006. 12-105p.
- CARNEIRO, M. M. L. C.; DEUNER, S.; OLIVEIRA, P.V.; TEIXEIRA, S. B.; SOUSA, C. P.; BACARIN, M. A.; MORAES, D. M. **Atividade Antioxidante e viabilidade de sementes de Girassol após estresse ao Hídrico e salino.** Revista Brasileira de Sementes, Londrina, v. 33, n. 4,2011. 752-761p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes Ciência, Tecnologia e Produção.** Jaboticabal, SP. Ed. Funep, 2000. 588p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes Ciência, Tecnologia e Produção.** Jaboticabal, SP. Ed. Funep, 2012. 590p.
- CHAVES, J. H., REIS FERREIRA, M. D. G., NEVES LIMA, J. C., PEZZOPANE MACEDO, J. E., & POLLI QUERO, H. **Seleção precoce de clones de eucalipto**

**para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: relações hídricas de plantas em tubetes.** Revista *Árvore*, v. 28, n. 3, 2004.

CONAB: **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** Sorgo: v.5 – Safra 2017/18 - N.8 – Oitavo levantamento. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/BoletimZ8ZLev.ZMaioZ2018.pdf>. Acesso em: 21 maio 2018.

CONAB: **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira de grãos.** Sorgo: v.4 – Safra 2016/17 - N.9 – Nono levantamento. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_03\\_09\\_09\\_16\\_09\\_boletim\\_graos\\_marco\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_09_09_16_09_boletim_graos_marco_2017.pdf). Acesso em: 09 jul. 2017

DIAS, L.A.S.; BARROS, W.S. **Biometria Experimental.** Suprema, Viçosa, MG, 2009. 408p.

EMBRAPA. Cultivares. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do Sorgo.** 6. Ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 2.). Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_6\\_ed/index.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/index.htm). Acesso em: 29 mai. 2017

FERRARI, E; PAZ, A.; SILVA, A. C. **Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso.** *Nativa*, Sinop, v. 3, n. 1, 2015.67-77p.

GRELLIER, P.; RIVIERE, L. M.; RENAULT, P. **Transfer and water-retention properties of seed-pelleting materials.** *European Journal of Agronomy*, v. 10, n. 1, 1999. 57-65p.

HAFLE, O. M.; M Cruz, M. D. C.; RAMOS, J. D.; RAMOS, P. S.; SANTOS, V. A. **Produção de mudas de maracujazeiro-doce através da estaquia utilizando polímero hidrorretentor.** *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. Recife, PE, v.3, n.3, jul.-set., 2008.232-236p.

- HONG-BO, S. B.; LI-YE, C.; JALEEL, C. A.; CHANG-XING, Z. **Water-deficit stress induced anatomical changes in higher plants**. Comptes Rendus Biologies, Paris, v.331, n.3, 2008. 215-225p.
- IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Estatística da Produção Agrícola, abril 2018. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag\\_2018\\_abr.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2018_abr.pdf). Acesso em: 21 maio 2018.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Ecofisiologia. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do Sorgo**. 4. Ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 2.). Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_4\\_ed/ecofisiologia.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/ecofisiologia.htm). Acesso em: 05 jul. 2017
- MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C.; MAY, A.; LIMA FILHO, O.F.; SANTOS, F. C.; MOREIRA, J. A. A.; LEITE, C. E. P. ALBUQUERQUE, C. J. B.; FREITAS, R. S. Exigências edafoclimáticas e fisiologia da produção. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELA, R. **Sorgo: do plantio á colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2014. 275p.
- MAGUIRE JD. **Speed of germination-aid seedling emergence and vigor**. Crop Science 2:1962. 176-177p.
- MANO, E.B.; MENDES, L.C. **Introdução a Polímeros**. 2. ed. revista e ampliada. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 191p.
- MARCOS-FILHO, J. M. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba, SP. Ed. FEALQ, v. 12, 2005. 495p.
- MARCOS-FILHO, J. M. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina, PR. Ed. ABRATES, 2015.659p.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**. 3. Ed. Viçosa, MG, Ed. UFV, 2009. 2013. 486p.

- MARTINELLI-SENEME, A. D. R. I. A. N. A., MARTINS, C. C., & NAKAGAWA, J. **Germinação de milho cv. AL-34 em função do tamanho da semente e do potencial hídrico do substrato.** Revista Brasileira de Sementes, v. 22, n. 2, 2000. 131-138p.
- MELO, B.; ZAGO, R.; SANTOS, C. M.; MENDONÇA, F. C.; SANTOS, V. L. M.; TEODORO, R. E. F. **Uso do polímero hidroabsorvente Terracottem® e da frequência de irrigação na produção de mudas de cafeeiro em tubetes.** Revista Ceres, Viçosa, n. 52, 2005. 13 – 22p.
- MENDONÇA, T. G.; URBANO, V. R.; CABRAL, F. F. P.; BACALHAU, F. B.; SOUZA, C. F. **Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo.** Water Resources and Irrigation Management, Cruz das Almas, v. 2, n. 2, 2013. 87-92p.
- MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; CRUZ, M. C. M.; VILLAR, L.; HAFLE, O. M. **Efeito de doses de polímero hidroabsorvente no enraizamento de estacas de amoreira.** Revista Agrarian, v.3, n.8,2011. 133-139p.
- NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO, M. M.; REININGER, L. R. S.; MUNIZ, M. F. B.; PEREIRA, M. D. O. **Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de Eucalyptus dunnii.** FLORESTA, Curitiba, PR, v. 45, n. 2, abr. / jun. 2015. 315 – 328p.
- OLIVEIRA SOUSA, G. T.; DE AZEVEDO, G. B.; LUDUVICO, J. R. **Incorporação de polímero hidretentor no substrato de produção de mudas de Anadenanthera peregrina (L.) SPEG.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; 2013. 1270p.
- OLIVEIRA, J.A.; PEREIRA, C.E.; GUIMARÃES, R.M.; VIEIRA, A.R.; SILVA, J.B.C. **Desempenho de sementes de pimentão revestidas com diferentes materiais.** Revista Brasileira de Sementes, Pelotas, v.25, n. 2, 2003. 36-47p.
- ORIKIRIZA, L. J., AGABA, H., TWEHEYO, M., EILU, G., KABASA, J. D., HÜTTERMANN, A. **Amending Soils with Hydrogels Increases the Biomass of Nine Tree Species under Non-water Stress Conditions.** Clean–Soil, Air, Water, v. 37, n. 8, 2009. 615-620p.

- PAVAN, M.G., ARAÚJO, H. S., DO VAL MÜLLER, R., CRUSCIOL, C. A. C., E BORGES, W. L. B. **Produção e massa seca de culturas em rotação em diferentes manejo do solo em áreas de reforma de canavial no oeste paulista.** Nucleus, 2017. 121-136p.
- PAZDERŮ, K., & KOUDELA, M. **Influence of hydrogel on germination of lettuce and onion seed at different moisture levels.** Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, v. 61, n. 6, 2013. 1817-1822p.
- PEREIRA, C. E; OLIVEIRA, J.A.; GUIMARÃES R.M.; VIEIRA A.R.; SILVA, J.B.C.; **Condicionamento fisiológico e revestimento de sementes de pimentão.** Revista Ciência Agronômica, v. 36, n. 1, 2005. 74-81p.
- PESKE, S. T., DELOUCHE, J. C. **Semeadura de soja em condições de baixa umidade do solo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 20, n. 1,1985. 69-85p.
- PINHO, R. G. V.; FIORINI, I. V. A.; SANTOS, A. O. Botânica. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELA, R. **Sorgo: do plantio á colheita.** Viçosa, MG, Ed. UFV, 2014. 275p.
- RIBAS, P. M. Importância Econômica. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do Sorgo.** 4. Ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 2.). Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_4\\_ed/importancia.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/importancia.htm). Acesso em: 05 jul. 2017
- RIBAS, P. M. Origem e importância econômica. In: BORÉM, A.; PIMENTEL L.; PARRELA R. **Sorgo do plantio à colheita.** Viçosa, MG, Ed. UFV, 2014. 275p.
- SAAD, J. C. C., LOPES, J. L., & SANTOS, T. A. D. **Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pós-plantio de Eucalyptus urograndis em dois solos diferentes.** Engenharia Agrícola, 2009. 404-411p.

- SACHS, M.; CANTLIFFE, D. J.; NELL, T. A. **Germination studies of clay-coated sweet pepper seeds**. Journal American Society Horticultural Science, Alexandria, v.106, 1981.385-389p.
- SAMPAIO, T. G., E SAMPAIO, N. V. **Recobrimento de sementes**. Informativo Abrates, v. 4, n. 3, 1994. 20-52p.
- SANTOS, F.G.; CASELA, C.R.; WAQUIL, J. M. Melhoramento de sorgo. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies Cultivadas**. Viçosa, MG, Ed. UFV, 2005. 969p.
- SILVA NETO, S. P.; MOREIRA, C. T.; DA SILVA, S. A. **Plantio da soja na época certa**. Embrapa Cerrados-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E), 2010.
- SILVA, A. S.; MOURA, M. S. B.; BRITO, L. T. L. Irrigação de Salvação em Culturas de Subsistência. In: BRITO, L. T. L.; MOURA M. S. B.; GAMA G. F. B. **Potencialidades da água de chuva no semi-árido Brasileiro**. EMBRAPA, semi-árido Petrolina-PE, 2007.
- SOUZA, C. C.; DANTAS, J.P.; SILVA, S. M.; Souza, V. C.; ALMEIDA, F. A.; SILVA, L. E. **Produtividade do Sorgo granífero cv. sacarino e qualidade de produtos formulados isoladamente ou combinados ao caldo de cana-de-açúcar**. Ciência e Tecnologia de alimentos, v. 25, n. 3, 2005.
- SU, L. Q., LI, J. G., XUE, H., & WANG, X. F. **Super absorbent polymer seed coatings promote seed germination and seedling growth of Caragana korshinskii in drought**. Journal of Zhejiang University-SCIENCE B, v. 18, n. 8, 2017. 696-706p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, p. 820, 2009.
- TARDIN, F. D.; MENEZES, C.B.; RODRIGUES, J. A. S.; COELHO, R. R. Cultivares. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do Sorgo**. 8. Ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 2.). Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_8\\_ed/cultivares.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_8_ed/cultivares.htm). Acesso em: 07 jul. 2017.

- TOLEDO, F. F.; FILHO, J. M. **Manual das Sementes tecnologia da Produção**. São Paulo, SP: ED. Agronômica Ceres, 1977. 224p.
- VIANA, A.; da SILVA, A. F.; de MEDEIROS, J. B.; CRUZ, J; CORREA, L. **Práticas culturais**. Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro técnico-científico (ALICE), (1983).
- WADAS LOPES, J. L., RIBEIRO DA SILVA, M., CURY SAAD, J. C., & SANTOS ANGÉLICO, T. D. **Uso de hidrogel na sobrevivência de mudas de Eucalyptus urograndis produzidas com diferentes substratos e manejos hídricos**. Ciência Florestal, v. 20, n. 2, 2010.
- YASSEEN, B. T., & AL-OMARY, S. S. **An analysis of the effects of water stress on leaf growth and yield of three barley cultivars**. Irrigation Science, v. 14, n. 3, 1994. 157-162p.