



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Hauni Tupinambá Monteiro

**USO DE POLÍMEROS HIDRORRETENTORES NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES
E NO ESTABELECIMENTO DE MUDAS
DE ESPÉCIES COMERCIAIS**

Brasília, março de 2022.

HAUNI TUPNAMBÁ MONTEIRO

**USO DE POLÍMEROS HIDRORRETENTORES NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES
E NO ESTABELECIMENTO DE MUDAS
DE ESPÉCIES COMERCIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Florestal da Universidade de
Brasília, como parte das exigências para
obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Anderson Marcos de
Souza

Brasília, março de 2022.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer à minha família por todo apoio ao longo destes anos de faculdade. Aos meus pais, Juarez e Regina, pelo apoio sempre que precisei.

Agradeço à minha esposa Nina, melhor companheira do mundo, por sempre me apoiar, nos momentos de maior dificuldade, nos vários anos de graduação.

Agradeço aos meus curumins: Tiê Atã e Meri landê, por fazer meus dias mais felizes.

Agradeço a todos os meus colegas de curso, que sempre estiveram presente nessa longa caminhada e agora são meus amigos. Agradeço também a todos que contribuíram de qualquer forma para que esse objetivo tenha sido concretizado.

Agradeço ao meu orientador Anderson pela orientação, paciência e confiança durante esse trabalho.

E, por fim, à Universidade de Brasília, que me proporcionou experiências e saberes tão enriquecedores.

A todos os professores e servidores que fizeram parte da minha jornada na graduação.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico do uso de hidrogel para germinação de sementes de espécies comerciais e estabelecimento de plântulas nativas e exóticas em condições de laboratório. Os polímeros hidroretentores ou hidrogéis possuem a capacidade de armazenar uma significativa quantidade de água, permitindo a sua liberação de forma uniforme e contínua, o que pode contribuir significativamente para a manutenção hídrica durante os processos de germinação e de estabelecimento da plântula em condição de laboratório. O hidrogel tem sido estudado como aliado para o desenvolvimento de novos protocolos de germinação buscando a otimização do processo de germinação, pela manutenção da hidrosopicidade do ambiente onde as sementes se encontram, pela garantia da entrada de água nas sementes e por acelerar o processo. É importante salientar que foram relatados efeitos benéficos dos hidrogéis no que diz respeito ao aumento da retenção de água no substrato, à redução da lixiviação de nutrientes, à melhoria na capacidade de troca catiônica (CTC) e à maior disponibilidade de água. Apesar de a maioria dos trabalhos evidenciar as propriedades dos hidrogéis como condicionadores de substratos, são poucos os estudos que comprovam sua capacidade de condicionar a germinação de sementes e o estabelecimento de plântulas em espécies arbóreas.

Palavras-chave: hidrogel; retenção hídrica; condicionador de substrato.

ABSTRACT

This work aimed to carry out a bibliographic survey of the use of hydrogel for germination of seeds of commercial species and establishment of native and exotic seedlings under laboratory conditions. The hydrophilic polymers or hydrogels have the ability to store a significant amount of water, allowing its release in a uniform and continuous way, which can significantly contribute to water maintenance during germination and seedling establishment in laboratory conditions. Hydrogel has been studied as an ally for the development of new germination protocols in the search for the optimization of the germination process, the maintenance of the hygroscopicity of the environment where the seeds are located, the guarantee of seeds hydration and for accelerating the germination process. It is important to note that beneficial effects of hydrogels have been reported in terms of increasing water retention in the substrate, reducing nutrient leaching, improving cation exchange capacity (CEC) and increasing water availability. Although most studies show the properties of hydrogels as substrate conditioners, there are still few studies that prove hydrogels' ability to condition seed germination and tree seedling establishment.

Keywords: hydrogel; water retention; substrate conditioner.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral	11
2.2 Objetivo Específico.....	11
3. REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1 Os polímeros hidrorretentores	11
3.1.1 Definição	13
3.1.2 Estrutura Física	13
3.1.3 Caracterização Química	14
3.2 A germinação de sementes	14
3.3 Uso de polímeros na germinação	16
3.4 Pesquisas utilizando hidrogel na germinação de sementes de espécies arbóreas	20
CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
RECOMENDAÇÕES	27
REFERÊNCIAS	28

INTRODUÇÃO

O setor florestal no Brasil avançou grandemente nos plantios de espécies comerciais exóticas com destaque os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, mas vale atentar também aos plantios de outras espécies para fins comerciais como: Acácia, Mogno, Cedro, Seringueira e Teca. Não restrito às florestas comerciais, o setor florestal também tem crescido e avançado na formação das florestas de proteção e conservação, onde o Brasil se destaca pela diversidade de espécies arbóreas distribuídas nas diferentes fitofisionomias nos diferentes biomas.

A implantação de um povoamento florestal, seja nativo ou exótico, para fins de produção ou de conservação e proteção, requer a produção de mudas com padrões de qualidade, que consigam se estabelecer e desenvolver no campo, garantindo a formação do novo povoamento florestal. Isso por sua vez, requer, por parte dos viveiristas, a geração de protocolos de germinação de sementes e o estabelecimento de plântulas mais vigorosas, capazes de gerar mudas para a formação de novos povoamentos florestais. (NAVROSKI et al., 2015).

A evolução dos insumos agrícolas requer o investimento em novas tecnologias. Com o passar do tempo, novos produtos são lançados no mercado, o que demanda a realização de novas pesquisas, principalmente no que se refere à geração de novos protocolos: forma de uso; dosagens; reposta do material vegetal; aproveitamento; crescimento dentre outros. Todas estas informações geradas são fundamentais principalmente na otimização de processos como: redução do tempo, custos e demandas. (BERNARDI et al., 2012) e, conseqüentemente, uma redução nas irrigações.

A respostas das espécies arbóreas aos novos insumos e produtos tecnológicos no que se refere ao processo de germinação e estabelecimento de plântulas requer investimentos em trabalhos de pesquisa. Como cada material genético tem uma reposta particular que muitas vezes é intrínseca de cada espécie, é necessário a geração de protocolos, muitos deles direcionados a grupos de espécies ou famílias. Conforme Floriano (2004), o conhecimento e o controle dos fatores ambientais permitem otimizar a quantidade, a velocidade e a uniformidade da

germinação, possibilitando a produção de mudas mais vigorosas e a um custo menor.

Em laboratórios e nos viveiros florestais, é de extrema importância que se otimize o processo de germinação de sementes para produção de mudas de melhor qualidade e mais resistentes às condições de campo, diminuindo a necessidade do replantio e da quantidade de tratos culturais (CARNEIRO, 1995). No intuito de obter uma otimização de todo o processo de produção de mudas, a escolha do substrato mais adequado é, certamente, fator crucial e deve ser cuidadosamente avaliado. A qualidade física do substrato é importante por ser utilizado num estágio de desenvolvimento em que a planta é muito suscetível ao ataque de micro-organismos, além de ser pouco tolerante ao déficit hídrico (CUNHA et al., 2006).

Uma das técnicas que tem sido recentemente utilizada na produção de mudas florestais é a utilização de polímeros agrícolas hidrorretentores, conhecidos também como hidrogel. Esse polímero é um produto sintético, à base de poliacrilamida, com grande capacidade de retenção e armazenamento de água (AZEVEDO, 2000; AZEVEDO et al., 2002). Atualmente, seu uso em viveiro está principalmente relacionado a pesquisas, já que o uso de hidrorretentores, quando mal executado, pode prejudicar o desenvolvimento das plantas e a qualidade das mudas e ainda não há consenso quanto a dose a ser utilizada, as relações do hidrogel com a perda de nutrientes e com a perda de água.

A água é, o fator ambiental mais limitante ao estabelecimento e ao desenvolvimento das mudas, além de ser a substância mais abundante encontrada nas plantas. Embora haja períodos de maior dependência, a importância da água é permanente durante todo o ciclo da planta e é o fator que exerce a mais determinante influência sobre o processo de germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000), devendo estar disponível para as sementes num teor adequado. A absorção de água promove o amolecimento do tegumento da semente, o aumento do embrião e dos tecidos de reserva, favorecendo a ruptura do tegumento, a difusão gasosa e a emergência da raiz primária (RAMOS et al, 2006).

O processo de embebição de água pelas sementes é dependente da temperatura e da água disponível, e a capacidade de retenção da água absorvida

determinará o sucesso do processo de germinação (BANSAL et al., 1980; PEREZ e MORAES, 1991). O excesso ou a falta de água representam situações em que os problemas fitopatológicos podem se agravar nas sementes em germinação. No primeiro caso, a embebição demasiadamente rápida reduz o período disponível para que as membranas celulares se reorganizem e, como consequência, há uma expressiva liberação de solutos, que passam a agir como substrato para os microrganismos presentes no ambiente (PESKE; DELOUCHE, 1985); no segundo caso, o retardamento na germinação e na emergência proporcionam ampliação no tempo de exposição à ação dos patógenos, acarretando prejuízos ao desempenho das sementes (CASTRO et al., 2004).

Uma das principais etapas da silvicultura é a produção de mudas de qualidade, pois delas depende o desempenho final das plantas no campo. Para se obter mudas de qualidade, é necessária a utilização de técnicas adequadas de formação e, dentre os fatores importantes, destacam-se as propriedades do substrato, o nível de nutrição e a disponibilidade de água às mudas (NAVROSKI et al., 2015). Ao escolher um substrato, alguns aspectos devem ser considerados, como o tamanho da semente, a exigência com relação à umidade e à luz, a facilidade que ele oferece durante a instalação, a realização das contagens e a avaliação das plântulas (BRASIL, 1992).

O substrato para a germinação de sementes deve apresentar firmeza, ser totalmente decomposto, ser de fácil irrigação, ter boa retenção de água, e boa porosidade, ser livre de patógenos, não deve apresentar alta salinidade, deve ser de fácil esterilização e ter alta capacidade de troca de cátions (HARTMANN; KESTER, 1998). Dificilmente encontraremos um substrato com todas as características físicas e químicas adequadas. De acordo com NAVROSKI (2016), observa-se melhoria das características químicas e físicas dos substratos com a adição do hidrogel, principalmente com relação aos atributos que envolvem armazenamento e disponibilização de água à planta.

Segundo as Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 1992), os substratos mais utilizados para a germinação são solo e areia no entanto, quando se considera a germinação em laboratório, o substrato mais utilizado é o papel. Apesar

de toda informação acerca do uso de substratos, existem poucas recomendações para as espécies florestais.

A vermiculita é um substrato que vem sendo utilizado com bons resultados para a germinação de sementes de espécies florestais (FIGLIOLIA et al., 1993; SILVA et al., 2002), bem como, o pó de coco (LACERDA et al., 2003). Ambos os substratos são leves, de fácil manuseio, com boa capacidade de absorção de água, não exigem o reumedecimento diário e proporcionam bom desempenho germinativo das sementes.

O hidrogel, polímero hidrorretentor, auxilia principalmente na retenção e disponibilidade de água para as plântulas e mudas. Este tipo de polímero, que já é usado nos plantios de mudas em campo, atualmente está sendo pesquisado para produção de mudas, por meio de sua incorporação ao substrato (MEWS et al., 2015, NAVROSKI et al., 2015; FELIPPE et al., 2016) com o objetivo de disponibilizar água e nutrientes de forma gradativa, podendo diminuir a frequência de irrigação no viveiro e a quantidade de água utilizada. A principal característica do hidrogel é sua capacidade de absorção quando em contato com a água ou com outro solvente compatível.

O processo de intumescimento de um hidrogel é governado por fatores físicos intrínsecos à rede 3D e a fatores externos. Alguns fatores físicos, tais como presença de grupos hidrofílicos, (-OH, -NH₂, -COOH, -CONH₂, -SO₃H) na estrutura da cadeia polimérica (lateralmente ou na cadeia principal), menor densidade de reticulação e uma alta flexibilidade da rede polimérica, além disso existe forças osmóticas que auxiliam na condução do solvente para dentro da rede polimérica que são contrabalanceados por forças retrativa que contribuem positivamente para um maior intumescimento do material (RUDZINSKI et al., 2002).

Por outro lado, a presença de grupos hidrofóbicos, maior densidade de reticulação e a presença de íons, mudanças de pH, força iônica, temperatura, composição de solvente são alguns dos fatores externos que interferem no processo de absorção de água pelo gel (RUDZINSKI et al., 2002). Absorção total e capacidade de inchaço são controlados pelo tipo e grau de agentes de reticulação usados para fazer o hidrogel.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar um levantamento bibliográfico do uso de hidrogel para germinação de sementes de espécies comerciais e estabelecimento de plântulas.

2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar o conceito e as definições dos polímeros hidrorretentores, bem como caracterizar a sua estrutura físico-química;
- Discorrer sobre o processo de germinação de sementes, evidenciando as fases ocorridas neste processo;
- Apresentar trabalhos científicos que elucidem o uso dos hidrogéis na germinação de sementes de espécies comerciais.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Os polímeros hidrorretentores

A palavra polímero origina-se do grego poli (muitos) e mero (unidade de repetição). Um polímero é uma macromolécula composta por muitas (dezenas de milhares) unidades de repetição denominadas mero, unidas por ligação covalente, que é caracterizada por sua alta energia (35 a 150 kcal/mol) e pequena distância interatômica. A matéria prima para a produção de um polímero é denominada monômero, e a reação que permite determinar o tipo de polímero formado é denominada reação de polimerização (CANEVAROLO JÚNIOR, 2010; SILVIA, 2006).

Polímeros hidrorretentores são produtos naturais (derivados do amido) ou sintéticos (derivados do petróleo), que são valorizados por sua capacidade de

absorver e armazenar água (MORAES, 2001). Os hidrorretentores à base de poliacrilamida foram desenvolvidos na década de 50 por uma empresa americana. Quando a patente do produto expirou, nos anos 70, suas propriedades de retenção foram melhoradas por uma empresa britânica, que elevou sua capacidade de retenção de 20 para 40 vezes a sua massa.

Na década de 80, houve um grande desenvolvimento nas pesquisas com polímeros sintéticos, para diferentes finalidades, dentre elas, como condicionadores do solo em plantios agrícolas, devido a sua capacidade de melhorar as qualidades físico-químicas do solo (OLIVEIRA et al., 2004). Contudo, o produto não foi bem aceito no meio agrícola devido ao seu elevado custo e à escassez de pesquisas que fornecessem recomendações de uso e aplicação dos hidrogéis (WOFFORD JR.; KOSKI, 1990).

No final da década de 90 início dos anos 2000, os resultados de pesquisas feitas com espécies florestais demonstraram que a aplicação de polímeros no solo reduziu significativamente a frequência de irrigação necessária para produção de mudas, principalmente para os solos de textura leve (ABEDI-KOUPAI; ASADKAZEMI, 2006).

Entretanto, alguns pesquisadores têm enfatizado a importância de testar a dose a ser utilizada no substrato para realizar a irrigação suficiente pois, dependendo da frequência de irrigação, pode ocorrer fornecimento de água em excesso face à necessidade das plantas (Moreira et al., 2010).

Posto isto, é necessário adotar critérios em relação ao uso dos polímeros quanto à dose do produto que será utilizada e à definição do intervalo de irrigação, pois a interação dos polímeros com o substrato utilizado varia de acordo com as características do ambiente de cultivo e com a necessidade das mudas (CARVALHO et al., 2013).

No Brasil, alguns polímeros hidrorretentores têm sido utilizados na produção de frutas, hortaliças e mudas de diversas espécies, tal como na formação de gramados em jardins, campos de futebol e de golfe. No entanto, as informações científicas de seu uso como condicionadores de solo são poucas, sendo necessário

conhecer e quantificar a contribuição advinda da aplicação desses polímeros na disponibilidade de água em diferentes tipos de solo (OLIVEIRA et al., 2004).

No setor florestal, o hidrogel é muito utilizado na implantação de povoamentos. As empresas o utilizam em escala operacional, no ato do plantio das mudas, podendo reduzir custos de replantio de eucalipto em 8% no primeiro ano e, ao final do ciclo de sete anos, a economia chega a 3% (NOVROSKI et al., 2014).

3.1.1 Definição

Os hidrogéis são definidos como estruturas tridimensionais formadas a partir de macromoléculas ou polímeros hidrofílicos, entrecruzados para manter sua estrutura e permitir absorção de grandes quantidades de água e/ou fluidos biológicos sem sofrer dissolução. Quando seco, este arranjo de moléculas possui forma granular e quebradiça e, ao ser hidratada, passa a ter forma elástica e macia (BALENA, 1998).

São utilizados na atividade agrícola como condicionadores de solo, principalmente por aumentarem a capacidade de armazenamento de água. Os hidrogéis, podem ser divididos em duas classes com relação à natureza do entrecruzamento das cadeias poliméricas, podendo ser química ou física, ou ainda podendo haver uma combinação dos dois, com diferentes proporções. Os hidroabsorventes mais frequentemente usados são os polímeros sintéticos propenamidas (Poliacrilamida ou PAM) (SANTANA et al., 2007) e os copolímeros propenamida -propenoato (Poliacrilamida acrilato ou PAA) (GERALDO et al., 2006).

3.1.2 Estrutura Física

Estruturalmente, são constituídos por uma ou mais redes poliméricas tridimensionalmente estruturadas, formadas por cadeias macromoleculares interligadas por ligações covalentes (reticulações) ou interações físicas (OVIEDO et al., 2008). Devido a essas características, os hidrogéis apresentam alta hidrofiliabilidade e insolubilidade.

A hidrofiliçidade dos hidrogéis pode ser controlada pela natureza dos grupamentos presentes em suas cadeias, tais como: -OH, -COOH, -CONH, -NH, -SO H. A insolubilidade é afetada diretamente pelo grau de entrelaçamento (reticulações ou interações físicas) das cadeias formadoras dos hidrogéis. Dependendo da natureza química dos grupamentos lateralmente ligados às cadeias poliméricas, os hidrogéis podem ser classificados como neutros, iônicos e anfóicos (PEPPAS et al., 2000).

Segundo Gonzalez (2007), as suas características mecânicas e estruturais podem ser classificadas em redes relacionadas ou redes fantasmas. Dependendo do método de preparação, em uma rede homopolimérica, copolimérica ou polimérica interpenetrada. Finalmente, eles podem ser classificados com base na estrutura física da rede em hidrogéis amorfos semicristalinos, estruturas de ligações de hidrogênio e agregados hidro coloidais.

3.1.3 Caracterização Química

Os polímeros hidrogéis são considerados como um sistema hidrofílico, onde existe a união de dois ou mais componentes por meio de ligações covalentes e/ou eletrostáticas ordenadas em uma ou mais redes tridimensionalmente estruturadas misturadas por moléculas de determinado solvente, normalmente a água (LIMA, 2008). A hidrofiliçidade das cadeias e a densidade do agente reticular são fatores que afetam na quantidade de água absorvida pelos hidrogéis (YONEZAWA, 2016).

Além disso, existem forças osmóticas que auxiliam na penetração do solvente para dentro da rede polimérica por capilaridade e difusão, que são balanceados por uma força elástica das cadeias constituintes da matriz, que é uma força contrária ao intumescimento (LIMA, 2008). Quando estas forças forem iguais, o hidrogel atinge o estado de equilíbrio, ou seja, de intumescimento onde as redes poliméricas encontram-se mais elásticas (LIMA, 2008).

3.2 A germinação de sementes

A germinação é definida pela ruptura dos tegumentos da semente e é determinada pelo alongamento da radícula ou, na ausência dos tegumentos, um alongamento visível da mesma (CÔME, 1970). Este fenómeno só ocorre em condições ideais, nomeadamente em meio suficientemente húmido (para que ocorra a embebição), presença de oxigénio (salvo em casos particulares) temperatura óptima, e presença ou ausência de luz, que varia de espécie para espécie (BOESEWINKEL; BOUMAN, 1995; MACIEL, 1994).

Numa primeira fase, a germinação é caracterizada por um grande aumento do volume da semente, devido à intensa entrada de água pelo processo físico da embebição (FERRI, 2004). Esta fase pode ser afetada pelo défice ou excesso de água, a velocidade de hidratação e ainda a temperatura a que a embebição ocorre (VILLAMIL; GARCIA, 1998).

Na segunda fase - germinação *stricto sensu* – fase de ativação, variável de acordo com as espécies, as enzimas hidrolíticas e os hormônios produzidos começam a digerir as substâncias de reserva da semente e ocorre a sua translocação para as áreas de desenvolvimento do embrião (RILEY, 1987).

Nas sementes, não se manifesta ainda qualquer evolução morfológica, e a absorção de água é nula nesta fase (CAIXINHAS, 1988). No entanto, ocorre a reativação dos processos inerentes ao desenvolvimento, como a transcrição de DNA e a síntese proteica, aumentando igualmente as taxas metabólicas e respiratórias, que ficaram inativas quando a semente atingiu a maturidade (BARCELÓ COLL et. al., 1992; VIEGAS; CECÍLIO, 1998).

Na terceira fase, o tegumento não consegue acompanhar todo o aumento do volume interno e, por isso, ocorre o seu rompimento. Primeiramente, sai a radícula que, por ter geotropismo positivo, penetra verticalmente no solo, onde se ramificará, dando origem ao sistema radicular (SILVIA, 2012).

Há vários fatores que afetam a germinação das sementes. Cerca de um terço das espécies germinam em condições favoráveis, mas as demais apresentam algum grau de dormência. Os estudos de como os fatores internos e externos influenciam a germinação e a dormência das sementes para cada espécie é que permitem

controlar o armazenamento e a germinação (FLORIANO, 2004). A dormência é considerada por alguns autores como uma adaptação das sementes para se manter viáveis por um maior período. Esse processo é caracterizado pela incapacidade de germinação da semente, mesmo em condições ideais.

O vigor de semente pode ser entendido como o nível de energia que a semente possui para realizar as etapas do processo germinativo (SANTOS; PAULA, 2009). A avaliação do vigor das sementes permite compreender possíveis diferenças nas qualidades fisiológicas de lotes de sementes que apresentem germinação semelhante, mas podem exibir comportamentos diferentes em campo ou armazenadas, podendo essa diferença ser explicada pelo fato de que as alterações iniciais nos processos bioquímicos associados à deterioração, normalmente ocorrem antes de que se observe a diminuição na capacidade germinativa (RIBEIRO, 1999).

3.3 O uso de polímeros na germinação de sementes não florestais

A partir da análise de estudos que avaliam o efeito do uso de polímeros na germinação de sementes, é possível observar que o hidrogel tem papel positivo na retenção da umidade do solo. De acordo com Akhter et al. (2004) e Vale et al. (2006), o polímero garanti o suprimento de água para as sementes durante o processo de germinação e formação das plântulas, minimizando o risco de déficit de água.

Em trabalho desenvolvido por Yáñez-Chavez et al. (2014), cultivares de milho submetidos aos tratamentos com hidrogel apresentaram resultados positivos com relação às variáveis altura das plantas e umidade do solo. Onde os tratamentos foram 0,0 kg ha⁻¹, 12,5 kg ha⁻¹ e 25 kg há⁻¹, do polímero, apresentado respectivos 38 cm, 51 cm e 43,7 cm de altura, e retenção de 14%, 18,1% e 20% de umidade do solo.

Os resultados, obtidos após 52 dias, demonstram que a maior dose 25 kg há⁻¹ reteve mais umidade. Isso deve ter ocorrido pela menor altura do cultivar, levando

uma menor perda de água por evapotranspiração, quando comparada com a dose intermediária (12,5 kg há⁻¹), que apresentou um maior crescimento vegetativo, entretanto reteve menos umidade no solo. Como resultado desse estudo, foi recomendado pelos autores o uso de 12,5 kg há⁻¹ de polímero.

Em estudo sobre a eficiência do hidrogel no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L), cultivar Tupi, Azevedo (2000) constatou que o efeito do polímero sobre as características estudadas (altura de plantas, massa seca da parte aérea e massa seca de plantas) foi positivo, podendo-se afirmar que a presença do hidrogel no substrato permite ampliar os intervalos entre irrigações, sem comprometer o crescimento da planta por déficit de água, além de afirmar que quanto menor o fornecimento de água, maior a importância do polímero.

Em estudo desenvolvido por Nomura et al., 2019, em que foram comparadas diferentes doses de hidrogel na produção de mudas de mamão papaya (*Carica papaya*), os tratamentos consistiam em diferentes dosagens de; T1 – testemunha; T2 - 4 g; - T3 - 6 g; - T4 - 8 g e T5 - 10 g.

Sendo realizado quatro repetições e cinco tratamentos por parcelas. As características avaliadas foram, número de folhas, diâmetro do caule, altura da parte aérea, comprimento da raiz, matéria fresca e seca da parte aérea e raiz. Os dados obtidos após a análise de variância, mostraram que os tratamentos T2 e T3 não diferenciaram estatisticamente entre si, apresentando as melhores características. As doses de 8 e 10 g foram prejudiciais para todas as variáveis estudadas. Sendo indicado como tratamento para produção de mamão papaya a concentração de 4 g L⁻¹ de hidrogel.

Pinto et al. (2017), ao avaliarem a resposta de mudas de tomate cereja com uso de polímero e diferentes regimes de reposição hídrica, constatou que a parte aérea e a matéria seca responderam melhor com a dosagem de 4 g de hidrogel, sendo a mais indicada para produção de tomate cereja.

Carvalho, Cruz e Martins (2013) ao estudarem a germinação e crescimento de mudas de *Passiflora edulis* (maracujazeiro amarelo) produzidos em dois substratos solo + esterco (3:1 v/v) e Bioplant®, associados com duas doses do hidrogel Hidroplan-EB® (0 e 3 g L⁻¹) e três intervalos de reposição de água,

obtiveram interações entre a incorporação do hidrogel e os substratos para todas as características avaliadas (número de folhas, altura da parte aérea, diâmetro, comprimento da raiz, massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular e área foliar). A incorporação de 3 g L⁻¹ hidrogel foi benéfica para maioria dos parâmetros, quando as doses aplicadas ultrapassavam o dobro da dose recomenda, o efeito apresentado era negativo.

Venâncio (2012), quando avaliaram o efeito do condicionador de solo Fertium® na germinação e no desenvolvimento de plântulas de pimentão (*Capsicum annuum* L.), observaram que não houve diferença estatística na germinação das sementes entre os substratos utilizados, entretanto, o uso de diferentes dosagens do condicionador, influenciou de forma significativa no vigor e no desenvolvimento inicial das plântulas e na formação de raízes. (WOFFORD JR, 1992) destaca que as raízes das plantas crescem por dentro dos grânulos do polímero hidratado, havendo um grande desenvolvimento de pelos radiculares, proporcionando maior superfície de contato das raízes com a fonte de água e nutrientes, e facilitando a sua absorção. (MALDONADO-BENITEZ, 2010).

Marques; Bastos (2010), trabalhando com diferentes doses de hidrogel no desenvolvimento de mudas de pimentão, verificaram que o polímero não promoveu diferenças no sistema radicular e nem no comprimento da parte aérea; interferiu, porém, na massa seca da parte aérea, por promover maior número de folhas, com aumento linear de acordo com as doses testadas.

Ressaltaram ainda que, com o incremento na dose do condicionador, a parte aérea responde com desenvolvimento de novas folhas, aumentando a porcentagem de matéria fresca da muda, provavelmente pela maior disponibilidade de água. Nesse caso segundo, Flannery; Buscher (1982), trabalhando com as culturas de azaleia (*Rhododendron indicum*) e centeio (*Secale cereale*), demonstraram que ao adicionar polímero no substrato de cultivo, elevou-se a capacidade de retenção de água desse substrato, e que a maioria dessa água armazenada, estava prontamente disponível para as plantas.

Em trabalho desenvolvido por Fernandes; Araújo; Camili (2015), onde comparavam o uso de hidrogel e da lâmina de irrigação no crescimento de plântulas

de *Passiflora edulis* (maracujazeiro-amarelo), foi verificado que não houve interação significativa entre os fatores em estudo (hidrogel x lâminas de irrigação) para qualquer variável avaliada. Quanto ao efeito dos fatores isolados, não houve diferença significativa sobre o comprimento da parte aérea (CPA), matéria fresca (MF) e matéria seca (MS). Essas variáveis só sofreram alteração significativa quando houve um aumento de umidade no substrato.

Ainda segundo Fernandes (2015), o fato de não apresentar diferença estatística provavelmente está ligado ao tipo de substrato utilizado na produção. A vermiculita é uma mica, que tem capacidade de absorver grandes quantidade de água, outro fator que reduziu a importância do hidrogel foi o excesso de água aplicado com as diferentes lâminas de irrigação de 45%, 60% e 75%. Segundo os autores as lâminas de água apresentaram resultados superiores em todas as variáveis, CP, MF e MS, quando comparada com hidrogel, as plântulas apresentam os melhores resultados utilizando-se 45% de água no substrato, independente da adição do condicionante hidrogel. O aumento da quantidade de água no substrato para 75% provocou diminuição do CP e MS e MF. Os autores concluíram que o maracujazeiro-amarelo é menos exigente em água nos períodos iniciais de crescimento com a emergência das plântulas.

Lima et al. (2003) observaram resultados semelhantes ao verificarem ausência da interação entre lâminas de irrigação e doses de hidrogel na produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arábica*). Somente as lâminas de irrigação promoveram aumento linear da massa seca das folhas e da parte aérea. Ainda conforme esses autores provavelmente o excesso de água aplicada reduziu a importância do polímero absorvente, porém o hidrogel influenciou de forma positiva no acúmulo de massa seca pelas mudas.

Em trabalho desenvolvido por Mandulão et al. (2017) ao avaliarem o uso de hidrogel no substrato na produção de mudas de pimentão (*Capsicum annum*), verificou-se que o tratamento testemunha apresentou os melhores valores nos quesitos altura, diâmetro do coleto e número de folhas, quando comparado aos tratamentos com hidrogel. Sendo relatado pelo autor que as doses menores que 6 g não diferenciaram estatisticamente entre si, já as maiores doses causaram efeitos negativos nas variáveis altura e diâmetro do coleto. Corroborando com os dados

encontrados. Hafle et al. (2008), ao estudarem o efeito do hidrogel na produção de mudas de maracujá doce, concluíram que doses muito elevadas de hidrogel causam efeitos negativos nas variáveis altura e diâmetro do coleto.

3.4 Pesquisas utilizando hidrogel na germinação de sementes de espécies arbóreas.

Cardoso (2017) estudou efeito da incorporação de hidrogel em substratos na produção de mudas de jatobá-da-mata (*Hymenaea courbaril* Lee; Lang). Ao analisar os dados da incorporação do hidrogel ao substrato, foi observado um incremento entre um mês e outro, nas variáveis de crescimento (altura, diâmetro, aumento do número de folhas), com destaque para altura com incremento em 6,783cm e 0,146mm para o diâmetro do coleto. BERNARDI et al. (2012), relacionou efeito positivo do hidrogel no que se refere ao incremento em altura e diâmetro de coleto no estudo da espécie *Corymbia citridora* em condições de viveiro.

De maneira semelhante, NAVROSKI et al. (2015), observaram que o uso de hidrogel propiciou um ganho significativo na altura das mudas de *Eucalyptus dunnii* em comparação com a ausência do hidrogel. Quanto a matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz (MSR), observou-se em ambos os casos, um acréscimo da massa, com incremento de do hidrogel na dosagem de 4 g.L⁻¹ de substrato. MEWS (2014), encontrou resultados similares, com mudas de *Handroanthus ochraceus* submetidas a diferentes dosagens de hidrogel em condições de viveiro, onde a dosagem de 3 gramas por litro de substrato foi a que proporcionou maiores ganhos em massa seca.

Ainda segundo Cardoso, (2017) ao analisar a variância dos índices de qualidade das mudas, relação altura diâmetro do coleto (RHDC) e índice de qualidade de dickson (IQD), apresentam uma tendência linear crescente e relação altura massa seca parte aérea (RHMSPA) uma tendência linear decrescente. Segundo Gomes (2001), quanto maior for o valor dos índices RHDC e IQD, melhor será o padrão de qualidade das mudas. Já para o índice RHMSPA, quanto menor for

o valor do quociente obtido, mais lenhificada será a muda e maior será a sua capacidade de sobrevivência.

Os comportamentos observados neste estudo, conferem bons resultados no quesito qualidade das mudas, e refletem a influência positiva do efeito da adição do hidrogel no substrato sobre a lenhificação, rusticidade e potencial de sobrevivência das mudas de jatobá-da-mata. Observou-se que a dosagem de hidrogel adicionada que gerou melhores resultados entre os índices de qualidade das mudas foi de 4 g.L⁻¹, sendo essa a dosagem recomendada para espécie jatobá-da-mata (*Hymenaea courbaril* Lee; Lang), pois apresenta melhores variáveis.

Araújo (2018) avaliou a incorporação do hidrogel ao substrato, na germinação de sementes e estabelecimentos de plântulas de *Dalbergia miscolobium* Benth, com dosagens que variavam de 0g.L⁻¹ a 2,0g.L⁻¹. Ao analisar os dados verificou que as variáveis que sofreram maiores influências foram, comprimento da raiz (CR), número de raiz (NR), número de plântulas mortas (NPM) e peso fresco (PF). Para todas as outras variáveis o hidrogel não promoveram diferenças estatísticas. Para a variável CR, a dosagem de 0,5g.L⁻¹ apresentou o maior valor médio, seguido do tratamento com 1,0g.L⁻¹ e a testemunha apresentou o menor valor (6,47), para as variáveis CPA e NR os maiores valores com as maiores dosagens.

Os tratamentos com hidrogel apresentaram plântulas com raízes de 2,1 cm de média maiores em relação a testemunha. O maior NPM, foi observado no tratamento com maior dosagem de incorporação. O menor NPM, foi verificado nos tratamentos sem a incorporação de hidrogel e nas menores dosagens. A quantidade de semente germinada foi em torno de 70 % aos 14 dias. Braz et al., (2009) obtiveram resultado semelhante para sementes de *Dalbergia nigra*, porém obteve um percentual médio de germinação de 80% aos 15 dias, corroborando com estudos de Nogueira et al. (2010), verificaram um percentual médio de 70% de germinação para a espécie *Dalbergia cearensis*, aos 14 dias.

As maiores dosagens apresentaram os melhores resultados nas variáveis índice de velocidade de emergência (IVE) e número de semente germinada (NSG), proporcionaram maior germinação e obtenção de plântulas em curto prazo, porém ao final do experimento estas maiores dosagens proporcionaram maior mortalidade

de plântulas assim como contaminação por fungos, não sendo indicado tratamentos com altas dosagens.

Apesar das menores dosagens não apresentarem os maiores valores médios nas variáveis associadas à germinação, estas apresentaram valores maiores quando comparados com o tratamento sem a utilização do hidrogel. A dosagem de $0,5\text{gL}^{-1}$, quando avaliados os valores médios obtidos, apresentou o segundo maior valor no número de sementes germinadas (NSG) e comprimento da parte aérea de plântulas (CPA), bem como os maiores valores no número de folhas (NF) e comprimento do sistema radicular (CSR). O que por sua vez, mostra que esta dosagem promoveu germinação em maior número, quando comparada com os demais tratamentos testemunha, além de apresentar plântulas com melhores aspectos morfológicos.

Buzetto et al. (2002), avaliando a eficiência do polímero na sobrevivência de mudas de *Eucalyptus urophylla* em campo, verificaram que sua aplicação na forma pré-hidratada 800ml/g por cova permitiu o aumento de 21,6% na sobrevivência das mudas em relação à testemunha, sem o polímero. Bernardi et al. (2012) verificaram maior incremento em altura (22,99%) e diâmetro (23,12%) para mudas de *Corymbia citriodora* produzidas com 6g do polímero por litro de substrato, quando comparadas com mudas produzidas sem a adição do produto, na mesma adubação. Esses autores ainda verificaram que, a utilização do polímero permite a redução em, pelo menos, 20% da adubação rotineira, utilizada pelo viveiro comercial.

Braz (2016), estudou o efeito do hidrogel incorporado aos diferentes substratos areia, vermiculita e papel germitest, para germinação e desenvolvimento de plântulas de *Anacardium humile* ST. HILL., foi verificado que para todos os testes o hidrogel foi mais eficiente, mostrando as melhores variáveis. O maior número de sementes germinadas ocorreu com o uso de hidrogel (79%). O uso do hidrogel favoreceu também os testes de vigor baseados na avaliação das plântulas, como matéria seca e comprimento de plântula e raiz e número de raízes. Foi observado maior número de raízes com o uso de hidrogel.

Buzetto et al. (2002) verificaram a eficácia de hidrogel no plantio em covas manuais de *Eucalyptus urophylla*; após nove meses, a testemunha (sem hidrogel +

5 L de água) apresentou 24,3% de falhas, contra 2,7% no tratamento com adição de 0,8 litro de solução (4 g de hidrogel dissolvidos em 5L de água), mesmo não havendo diferença estatística, o hidrogel diminuiu as falhas. Os substratos que apresentaram as melhores qualidades nos testes fisiológicos foram areia e vermiculita, não existindo diferença estatística entre eles, ficando o papel germitest com as piores médias observadas.

No quesito velocidade de germinação o melhor resultado foi com substrato areia com IVG de 1,62, seguido por vermiculita 1,43 e o pior índice foi com o papel 0,83. O papel apresentou maior ocorrência de fungos e conseqüentemente menor taxa de germinação. O hidrogel favoreceu uma maior taxa de germinação nos substratos areia e vermiculita, acontecendo o inverso no papel. Os autores concluem afirmando que o uso do hidrogel favoreceu a germinação e o desenvolvimento das plântulas *Anacardium humile* ST. HILL, sendo indicado o uso de hidrogel e vermiculita, esses apresentaram os melhores resultados na média.

Nascimento (2020) avaliou diferentes doses de hidrogel na formação inicial da espécie *Mimosa caesalpiniaefolia*. A incorporação do hidrogel se deu de duas formas, na cova e incorporado ao substrato, as variáveis diâmetro do coleto (DC), matéria seca da raiz (MSR), altura, matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca total (MST) não apresentaram diferença estatística quando comparada entre os métodos de incorporação do hidrogel.

No quesito doses as variáveis que se destacaram foram MSR e MSPA. Em relação ao modo de aplicação, as plantas sem aplicação apresentaram as maiores médias de MSR, seguidas pela aplicação incorporada e depois a aplicação em cova. Mesmo a média sem aplicação sendo maior não houve diferença estatística, para à aplicação incorporada, indicando efeito positivo de ambos os tratamentos no ganho de matéria seca pelas mudas.

Nos tratamentos com hidrogel o índice de qualidade de dickson (IQD) variou entre 0,12 e 0,25, sendo inferior ao valor médio 0,32 observado no tratamento sem hidrogel. A aplicação do polímero na cova resultou no menor IQD (0,12) quando comparado à aplicação incorporada (0,25) tanto na aplicação em cova quanto na incorporada, o maior IQD ocorreu na dose de 0,4 g/muda de hidrogel.

Na variável altura os tratamentos seguem a mesma tendência, com maior média no tratamento testemunha de 26,4 cm, seguida pela aplicação incorporada com 20,6 cm e por último aplicação na cova com 15,3 cm. As maiores alturas com aplicação de hidrogel foram observadas na dose de 0,4 g/muda de hidrogel.

Analisando os fatores de tratamentos isolados, a MSR/MSPA média de mudas sem hidrogel foi de 0,88, enquanto a aplicação incorporada do polímero resultou em 0,87 e em cova 0,85, sem diferença significativa entre tratamentos para a variável MSR/MSPA. A maior média de MSR/MSPA com hidrogel ocorreu na dose 0,4 g/cova. Mesmo sem diferenciação estatística os tratamentos com hidrogel apresentam um decréscimo linear na relação com a elevação das doses. Indicando que as maiores doses de hidrogel afetam negativamente a relação MSR/MSPA.

O autor conclui que aplicação do hidrogel incorporado ao solo favoreceu o desenvolvimento inicial das mudas de *Mimosa. caesalpiniaefolia* quando comparada à aplicação em cova. Em relação a dose, recomenda-se o uso da dose de (0,4 g/muda) ou a não aplicação do produto, pois estes tratamentos proporcionaram melhores resultados nas mudas sem polímeros. A dose recomendada pelo estudo foi 15 vezes menor que a recomendada pelo fabricante (6 g/muda) do polímero.

Pamuk (2004), avaliando a dinâmica da água, antes e durante a emergência das plântulas de pinus silvestre (*Pinus sylvestris* L.) usando sementes revestidas com hidrogel (EthocelTM), realizado de forma em que as sementes foram misturadas ao hidrogel expandido e depois deixadas secar, após este processo foi realizada a semeadura em três locais distintos. Houve uma maior emergência de plântulas quando aplicado 2 g L⁻¹ do polímero no revestimento das sementes. A emergência das plântulas nos três locais de semeadura foi de 33,7%, 30,0% e 14,1%, enquanto as sementes nuas germinaram apenas 12,3%, 0,0% e 1,0%.

No trabalho desenvolvido por Jhyemes; Kátia (2020) avaliaram o uso de diferentes doses de hidrogel na germinação e formação de plântulas de pau-preto (*Cenostigma tocaninum*), os tratamentos foram divididos em T0=0g, T1=20g, T2=30g e T3=40g, as primeiras plântulas emergiram no terceiro dia após a semeadura, e o final aos 22 dias, sendo o período total de emergência de 19 dias. A maior taxa de germinação ocorreu no tratamento T0= 80,00% seguida por T2=

33,89%, T1= 31,67% e por último T3= 23,89%, sendo o T3 o último a germinar, iniciando somente 10º dia e pico de emergência no 15º dia. O autor atribui essa grande diferença a uma possível dormência imposta por uma condição adversa como excesso de umidade, o que, explica a maior taxa de emergência no T0, a demora para o T3, que começou a emergir no decimo dia, onde o substrato apresentava uma menor umidade.

Para variável diâmetro do coleto as médias foram decrescendo conforme as doses foram ficando mais altas com (DC), de 3,24 mm para testemunha, de 2,6 mm, 2,58 mm e 2,22 mm para T1, T2 e T3, respectivamente. Os autores concluíram que o uso de hidrogel nas dosagens utilizadas não foi viável como condicionado para germinação de sementes e desenvolvimento e plântulas. de *C. tocantinum*, na condição de ambiente protegido, porém salientaram que o uso do hidrogel aumentou a retenção de água pelo substrato e diminuiu a necessidade irrigação das mudas.

Resultados parecidos foram encontrado por GILBERT et al. (2014) ao analisarem o uso do hidrogel em cultivos em viveiro e no transplante de mudas no campo de Guandu (*Cajanus cajan*) no campo, constataram que os níveis crescentes de hidrogel foram prejudiciais ao crescimento de mudas de no viveiro, tanto em altura quanto no diâmetro do coleto, relatando ainda que as altas concentrações de hidrogel são capazes de absorver grande quantidade de água, que por sua vez ocupa partes do espaço poroso do solo causando excesso de água nos recipientes, consequentemente diminuindo a aeração das raízes.

Sousa et al. (2013), utilizando polímero superabsorvente incorporado ao substrato para produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L), avaliando taxa de sobrevivência (VTS) das mudas, constataram uma queda linear com aumento das doses. O maior VTS, observado foi em mudas produzidas sem a utilização do polímero (82,86 %), que apresentaram médias estatisticamente superiores às demais, enquanto a menor média (35,24 %) foi observada em mudas produzidas com 8 g do polímero.

Para os parâmetros altura da parte aérea, diâmetro do coleto, relação H/D e número de folhas, não foi verificado efeito significativo das diferentes dosagens do polímero incorporado ao substrato, indicando que a sua utilização não afetou o

desenvolvimento da parte aérea, em relação à variável altura, sendo estes semelhantes aos obtidos por Nóbrega et al., (2008) em mudas da mesma espécie, produzida em dois tipos de solo com diferentes concentrações de composto orgânico aos 120 dias. Quanto às massas secas obtidas, apenas a massa seca da parte aérea não sofreu influência do polímero, porém, mesmo não havendo diferenças significativas, o maior valor (0,823g) foi obtido no tratamento sem a adição do polímero.

Ainda segundo Sousa et al. (2013), a massa seca das raízes foi influenciada negativamente pela presença do polímero, apresentando uma tendência linear decrescente conforme o aumento de sua dosagem, sendo a maior média obtida sem a utilização do polímero, que apresentou valores 38,12% maiores do que quando utilizada a dosagem de 8g.

Gomes; Paiva (2004) destacaram que a sobrevivência é consideravelmente maior quanto mais abundante o sistema radicular, independentemente da altura da parte aérea das mudas. O índice de qualidade de Dickson (IQD) reduziu linearmente quando foi adicionado o hidrogel em doses maiores, o maior valor 0,293, foi obtido sem aplicação do polímero, o menor valor de 0,180, foi obtido com a dosagem de 8g de hidrogel.

Segundo os autores, doses acima de 4g/litro de substrato causam umidade em excesso no solo, reduzindo a aeração e comprometendo a fisiologia do vegetal, portanto, nas condições em que foi realizado o experimento, a utilização do polímero não é indicada para a produção de mudas da espécie, sendo necessário novos estudos com doses menores do hidrorretentor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A literatura apresenta vários trabalhos demonstrando uma melhoria das propriedades físico-químicas dos substratos com adição dos hidrorretentores, como aumento do PH, umidade total, porosidade, condutividade elétrica e aeração, essa

última dependendo do substrato pode sofrer uma diminuição, porém continua dentro de limites considerados adequados pela bibliografia.

Em relação à água, os substratos com hidroretentores aumentaram a disponibilidade e a capacidade de retenção para plantas. Na questão germinação e formação de plântulas de espécies florestais nativas, os resultados são, na maioria das vezes, inconclusivos. Isso acontece provavelmente pela grande quantidade de espécies nativas e pela falta de conhecimento das necessidades nutricionais e hídricas das espécies.

Para espécies com maior uso silvicultural, os hidroretentores apresentaram resultados mais promissores, possivelmente pela maior quantidade de estudos e pelo conhecimento do seu comportamento biológico. Ressalta-se o fato de algumas dessas espécies já possuírem protocolo do uso de hidrogel.

Predomina nos trabalhos estudados a observação de que os polímeros hidroretentores são utilizados como condicionadores de solos, com o intuito de aumentar a retenção de água e diminuir a necessidade de irrigação.

RECOMENDAÇÕES

Os polímeros hidroretentores são recomendados como condicionadores de substratos, já que a adição ao substrato aumenta sua qualidade e suas propriedades físicas e químicas, facilitando a formação de mudas mais saudáveis.

De acordo com a literatura estudada, recomenda-se a adição de polímeros hidroretentores aos substratos, pois há um aumento na retenção e disponibilidade de água para plantas, diminuindo os custos da produção de mudas nos viveiros e case de germinação.

Sugere-se que nos futuros trabalhos, seja feito um maior controle de irrigação e umidade na germinação e produção de mudas com hidrogel, pois essas duas variáveis foram as que mais afetaram os trabalhos encontrados na literatura.

Destaca-se a necessidade de estudos mais aprofundados com uso de hidroretentores e de sua capacidade de acelerar a germinação e formação de

plântulas de espécies arbóreas. Devendo ser objeto de futuros estudos com novas condições experimentais, uma vez que cada espécie possui exigências próprias de manejo e pode apresentar comportamento diferenciado em relação à utilização do produto.

REFERÊNCIAS

ABEDI-KOUPAI, J.; ASADKAZEMI, J. Effects of a hydrophilic polymer on the field performance of an ornamental plant (*Cupressus arizonica*) under reduced irrigation regimes. *Polymer Journal*, Singapore, v.15, n. 9. 2006.

AKHTER, J.; MAHMOOD, K.; MALIK1, K.A.; MARDAN, A.; AHMAD, M.; IQBAL, M.M. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. **Plant Soil Environ**, v. 50, n. 10, p. 463-469, 2004.

AL-DARBI, A.M. The hidraulic properties of a sandy soil treated with gel-forming soil conditioner. **Soil Tecnology**, v. 9, n. 1, p. 15-28, 1996.

ALEXANDRE, R.S.; WAGNER JÚNIOR, A.; NEGREIROS, J.R.S; PARIZZOTTO, A.; BRUCKNER, C.H. 2004. Germinação de sementes de genótipos de maracujazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.12, p.1239-1245.

ARAÚJO, ALEXANDRE CABRAL DE. **Uso de hidrogel na germinação de sementes e estabelecimento de plântulas de Dalbergia miscolobium Benth.** 2018. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) —Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

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, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, v. 1, p. 23 – 31, Mato Grosso, 2002.

BALENA, S. P. **Efeito dos polímeros hidroretentores nas propriedades físicas e hidráulicas de dois meios porosos**. 1998. 67f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

BANSAL, R.P; BHATI, P.R., SEN, D. N. Differential specificity in water imbibition of Indian arid zone. *Biologia Plantarum*, Praga, v.22, p.327-31, 1980; PEREZ, S. C. J. A.

BARCELLÓ COLL, J., RODRIGO, G., GARCÍA, B. & TAMÉS, R. (1992). **Fisiología Vegetal** (6.ª ed.). Madrid: Ediciones Pirámide.

BERNARDI, M.R.; SPEROTTO JUNIOR, M.; DANIEL, O.; VITORINO, A.C.T. 2012. **Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação**. *Cerne*, Lavras, v.18, n.1, p.67-74.

BOESEWINKEL, F & BOUMAN, F. (1995). **The seed: Structure and function**. In J. Kigel & G. Galili (Eds.), **Seed development and germination** (pp. 1-24). New York: Marcel Dekker, Inc.

BORGES, E. E. L.; RENA, A. B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, J. B.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Ed.) **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p. 83-135.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

BRAZ, B. D. **Efeito do uso de hidrogel e de diferentes tipos de substratos na germinação e no desenvolvimento de plântulas de *Anacardium humile* ST. HILL**. Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Agronomia – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2016, 49p.

BRAZ, M. S. S.; SOUZA, V. C.; ANDRADE, L. A.; BRUNO, R. L. A.; OLIVEIRA, L. S. B. & SILVA, J. M. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de

jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All.ex. Benth) Leguminosae-Papilionoideae. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 4: 67-71, 2009.

BUZETTO, F. A.; BIZON, J. M. C.; SEIXAS, F. Avaliação de polímero adsorvente à base de acrilamida no fornecimento de água para mudas de *Eucalyptus urophylla* em pós-plantio. **IPEF**, Circular Técnica n.195, Abril, 2002.

CAIXINHAS, M. L. Aspectos ecológicos da germinação de sementes de infestantes. **Tese de Doutorado em Biologia**. Universidade de Lisboa, 1998

CARDOSO, RODRIGO RIBEIRO. **Efeito da incorporação de hidrogel em substratos na produção de mudas de jatobá-da-mata (*Hymenaea courbaril* Lee & Lang) e jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.)**. 2017. viii, 29 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) — Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

CARNEIRO, J. G. A. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Universidade Federal do Paraná/campos: UEFNF, 1995 451 p.: il.

CARVALHO, R. P., CRUZ, M. C. M., MARTINS, L. M. **Frequência de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo**. *Revista Brasileira de Frutificação*, Jaboticabal-SP. v. 35, n. 2, p. 518-526. 2013.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Vigor de sementes. In: _____. (Eds.). *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. p.224-242.

CÔME, D. (1970). **Les obstacles à la germination**. Paris: Masson & CIE.

COPELAND, L. O. AND MCDONALD, M. B. 1995. **Principles of seed science and technology**. 3rd. ed. Chapman and Hall. New York, USA. 409 p.

CUNHA, A. M. et al. **Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp**. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.207-214. 2006.

FELIPPE, D.; NAVROSKI, M. C.; SAMPIETRO, J. A.; FRIGOTTO, T.; ALBUQUERQUE, J. A.; MOTA, C. S.; PEREIRA, M. O. (2016). **Efeito do hidrogel no crescimento de mudas de *Eucalyptus benthamii* submetidas a diferentes frequências de irrigação**. *Floresta*, v. 46, n. 2, p. 215 - 225.

FERNANDES, D. A.; ARAUJO, M. M. V.; CAMILI, E. C. **Crescimento de plântulas de maracujazeiro-amarelo sob diferentes lâminas de irrigação e uso de hidrogel**. Revista de Agricultura, v.90, n.3, p. 229 - 236, 2015.

FERRI, M. (2004). **Botânica - Morfologia externa das plantas**. (organografia). 15ª ed. São Paulo: Nobel,1983.

FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PINÃ- RODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p. 137-174.

FLORIANO, E.P. Germinação e dormência de sementes florestais, **Caderno Didático nº 2, 1ª ed.**, 2004. 19 p.

GERALDO, F. R. V; SAMUEL, P. C; LEANDRO, C. P. Avaliação da eficiência de polímeros hidroretentores no desenvolvimento do cafeeiro em pós-plantio. **Coffee Science, Lavras**, v. 1, n. 1, p. 7-13, abr./jun. 2006.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. P. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. 3.ed, Viçosa: UFV, 2004. 116p (Caderno didático, 72).

HAFLE OM, CRUZ MCM, RAMOS JD, RAMOS PS, SANTOS VA. **Produção de mudas de maracujazeiro-doce através da estaquia utilizando polímero hidroretentor**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 3, n. 3, p. 232 - 236, 2008.

HARTMANN HT; KESTER DE. 1998. **Propagacion de Plantas: Principios y Prácticas**. México: Compañia Editorial Continental. 760p.

HUNTER, J.R.: ERICKSON, A.E. Relation of seed germination to soil moisture tension. **Agronomy Journal**, Madison, v.44, p.107-109, 1952.

LACERDA, M. R. B. et al. Germinação de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*, Benth) em diferentes substratos em condições de viveiro. In: **SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓSGRADUAÇÃO UFRPE**, 5., 2003, Recife. Resumos expandidos... Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2003. CD – Rom.

LIMA, A. P. D. **Síntese e caracterização de hidrogéis compósitos superabsorventes a base de poliacrilamida e vermiculita**. 2008. 95 p. Dissertação (Mestrado em Química Inorgânica) -Programa de Pós-Graduação em Química Inorgânica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

LIMA, L.M.L.; TEODORO, R.E.G.; FERNANDES, D.L.; CARVALHO, H.P.; MENDONÇA, F.C.; CARVALHO, J.O.M. 2003. Produção de mudas de café sob diferentes lâminas de irrigação e doses de um polímero hidroabsorvente. **Bioscience in Journal**, Uberlândia, v.19, n.3, p.27-30.

MACIEL, M. (1994). **Dormência das sementes**. Departamento de Botânica, Universidade dos Açores. Ponta Delgada.

MALDONADO-BENITEZ; K. R. Substratos alternativos para la producción de *Pinus greggii* Engelm. em Viveiro. Dissertação de mestrado. Colégio de posgraduandos – Instituto de Ensino e Pesquisa Agrícola. Montecillo, México, 103 f., 2010.

MANDULÃO GEC, MAIA SDS, LOPES JL, MONTEIRO NETO AKPDM, CARVALHO LG. **Uso de hidrogel e substratos na produção de mudas de pimentão**. In: Congresso Técnico Científico Da Engenharia E Da Agronomia. Belém-PA. 2017.

MARCOS FILHO, J. Germinação de sementes. In: CICERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. da. **Atualização em produção de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 11-39.

MARQUES PAA, BASTOS RO (2010) Uso de diferentes doses de hidrogel para produção de mudas de pimentão. *Pesq. Aplic. Agrotecnol.* 3: 53-57.

MEWS, C. L. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas em viveiro em função da incorporação de polímero hidroretentor ao substrato e adubação nitrogenada. 2014. 66 f. **Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade de Brasília, Brasília**. 2014.

MEWS, C. L.; SOUSA, J. R. L.; AZEVEDO, G. T. O. S.; SOUZA, A. M. (2015). **Efeito do hidrogel e ureia na produção de mudas de *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos**. *Floresta e Ambiente*, v.22, n.1, p.107-116.

MORAES, O. **Efeito do uso de polímero hidrorretentor no solo sobre o intervalo de irrigação na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.)**. 2001. 73 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

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, p.133-139, 2010.

NASCIMENTO, LAÍS CAVALCANTE DO. **Doses e modo de aplicação de hidrogel para desenvolvimento inicial de espécie arbórea nativa**. 2020. 73f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, 2021.

NAVROSKI M. C, ARAÚJO M. M; REINIGER LRS, MUNIZ MBM, PEREIRA M. O (2015) Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de (*Eucalyptus dunnii*). **Floresta** 45: 315- 328.

NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO M. M.; FIOR, C.S.; CUNHA, F.S.; BERGHETTI, A.L.P.; PEREIRA, M.O. (2015). Uso de hidrogel possibilita redução da irrigação e melhora o crescimento inicial de mudas de (*Eucalyptus dunnii*) Maiden. **Scientia Forestalis**, v.43, n.106, p.467-476.

NAVROSKI, M. C; ARAÚJO M. M; PEREIRA. M. O; SIDNEI F. CLAUDIMAR INFLUÊNCIA DO POLÍMERO HIDRORETENTOR NAS CARACTERÍSTICAS DO SUBSTRATO COMERCIAL PARA PRODUÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS Interciencia, vol. 41, núm. 5, mayo, 2016, pp. 357-361 **Asociación Interciencia Caracas, Venezuela**.

NÓBREGA, R. S. A.; PAULA, A. M.; VILAS BOAS, R. C.; NÓBREGA, J. C. A.; MOREIRA, F. M. S. Parâmetros morfológicos de mudas de *Sesbania virgata* (Caz.) Pers e de *Anadenanthera peregrina* (L.) cultivadas em substrato fertilizado com composto de lixo urbano. **Revista Árvore**, v.32, n.3, p 597-607, 2008.

NOGUEIRA, F. C. B.; FILHO, S. M.; GALLÃO, M. I. Caracterização da germinação e morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Dalbergia cearensis* Ducke (pau-violeta) – Fabaceae. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 4, p. 978–985, 2010.

NOGUEIRA, R.L.; BUSSCHER, W.J. Use of a synthetic polymer in potting soil to improve water holding capacity. **Communication in Soil Science Plant**, v.13, n.2, p.103-111, 1982.

OLIVEIRA, R. A.; REZENDE, L. S.; MARTINEZ, M. A.; MIRANDA, G. V. et al. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.160-163, 2004

OVIEDO, I. R.; MENDEZ, N. A. N.; GOMEZ, M. P. G.; RODRIGUEZ, H. C.; MARTINEZ, A. R. Design of a physical and nontoxic crosslinked poly(vinyl alcohol) hydrogel. **International Journal of Polymeric Materials**, New York, v. 57, p. 1095-1103, 2008.

PAMUK, G. S. **Controlling water dynamics in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds before and during seedling emergence**. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, 29f., 2004.

PEPPAS, N. A.; BURES, P.; LEOBANDUNG, W.; ICHIKAWA, H. **Hydrogels in pharmaceutical formulations**. European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, London, v. 50, p. 27-46, 2000.

PINTO LEV, MARIA ACG, MARTINS FB, PRADELA VA. **Produção de mudas de tomate cereja com uso de polímero e diferentes regimes de reposição hídrica**. Colloquium Agrariae, v. 13, n. Especial, p. 143-149, 2017.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGLPLAN, 1977. 289p.

PREVEDELLO, C.L.; BALENA, S.P. Efeitos de polímeros hidrorretentores nas propriedades físico-hídricas de dois meios porosos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 251-258, 2000.

RAMOS, M. B. P.; VARELA, V. P.; MELO, M. F. F. Influência da temperatura e da água sobre a germinação de sementes de paricá (*Schizolobium amazonicum* huber ex ducke – leguminosae-caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 28, nº 1, p.163-168, 2006.

RIBEIRO, D.M.V. **Adequação do teste de condutividade elétrica de massa e individual para avaliação da qualidade fisiológica para avaliação da qualidade**

fisiológica de sementes de milho (*Zea mays* L.). 1999, 105p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 1999.

RILEY, J. (1987). **Gibberellic acid for fruit set and seed germination.** California Fruit Rare Growers Journal, 19, 10-12.

RUDZINSKI, W. E.; DAVE, A. M.; VAISHNAV, U. H.; KUMBAR, S. G.; KULKARNI, A. R.; AMINABHAVI, T. M.; DES. **Monomers Polym.** 2002, 5, 39.

SANTANA, B.H.; MARTÍNEZ,A.P.;ESMÉTICA, O.A.S.; REYES, G.G.. Efecto del hidrogel sobre el rendimiento de semilla en tres cultivares de *Brachiaria* spp en el valle de Iguala, gro., México. REDVET. Revista electrónica de Veterinária, Málaga, v.8, n.9. 2007.

SANTOS, S. R. G., PAULA, R. C. **Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs.** Scientia Forestalis, v. 37, n.81, p. 07-16, 2009.

SILVA, C.A.M. - **Optimização dos testes de germinação para monitorização das colecções de plantas autóctones conservadas em bancos de sementes.** Lisboa: ISA, 2012, 101 p.

SILVA, JHYEMES WEMBLEY DA; PEREIRA, KÁTIA RAMOS. **Avaliação de plântulas de pau-preto (*Cenostigma tocantinum* Ducke) sob a influência de diferentes dosagens de hidrogel** Orientadora: Áurea Izabel Aguiar Fonseca e Souza 2020. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Parauapebas, 2020.

SOUSA GTO, AZEVEDO GB, SOUSA JRL, MEWS CL, SOUZA AM. **Incorporação de polímero hidrorretentor no substrato de produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) SPEG.** Enciclopédia Biosfera 2013; 9(16): 1270-1278.

VALE, G.F.R.; CARVALHO, S.P.; PAIVA, L.C. **Avaliação da eficiência de polímeros hidrorretentores no desenvolvimento do cafeeiro em pós-plantio.** *Coffee Science*, v. 1, n. 1, p. 7-13, 2006.

VIEGAS, W. & CECILIO, L. (1998). **Biologia vegetal.** Lisboa: Universidade Aberta.

VILLAMIL, J. & GARCÍA, F. (1998). **Germinacion de semillas. Hojas Divulgadoras**. Núm. 2090 (1-20). Madrid: Ministério de Agricultura Pesca y Alimentación.

WOFFORD JR., D. J.; KOSKI, A. J. **A polymer for the drought years**. Colorado Green, 1990.

WOFFORD Jr., D.J. **Worldwide research suggestions for cross-linked polyacrilamide in agriculture** (on line). Virginia, September 1992.

YONEZAWA, U. G. **Síntese, caracterização e aplicação de hidrogéis nano estruturados contendo nano argila para melhorar a germinação e qualidade de muda de hortaliça**. 2016. 101 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Materiais, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2016.