



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

BERNARDO BARTOLO BELLUCCO

**CARACTERIZAÇÃO DE POLÍMEROS HIDRORRETENTORES E APLICAÇÃO
AO SUBSTRATO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Enterolobium contortisiliquum*
(Vell.) Morong**

Prof. Dr. JOSÉ CARLOS ARTHUR JUNIOR
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
NOVEMBRO - 2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

BERNARDO BARTOLO BELLUCCO

**CARACTERIZAÇÃO DE POLÍMEROS HIDRORRETENTORES E APLICAÇÃO
AO SUBSTRATO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Enterolobium contortisiliquum*
(Vell.) Morong**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. JOSÉ CARLOS ARTHUR JUNIOR
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
NOVEMBRO - 2019

**CARACTERIZAÇÃO DE POLÍMEROS HIDRORRETENTES E APLICAÇÃO
AO SUBSTRATO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Enterolobium contortisiliquum*
(Vell.) Morong**

BERNARDO BARTOLO BELLUCCO

APROVADA EM:

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. JOSÉ CARLOS ARTHUR JUNIOR – UFRRJ
Orientador

Prof. Dr. PAULO SERGIO DOS SANTOS LELES – UFRRJ
Membro

Prof. Dr. MARCEL CARVALHO ABREU – UFRRJ
Membro

AGRADECIMENTOS

A meus pais, Fernanda e Geraldo, por tudo.

Aos demais familiares, pelo apoio e carinho.

A UFRRJ e seus colaboradores, pela estrutura, serviços e apoios concedidos, e pela oportunidade de cursar uma graduação pública de qualidade.

A todos os professores e professoras que já me deram aulas, por contribuírem para a minha formação como pessoa e como profissional.

Ao professor José Carlos Arthur Junior, pela orientação, compreensão e aprendizado.

Ao Tião e demais funcionários do viveiro “Luiz Fernando de Oliveira Capellão”, pela simpatia, ensinamentos e pelo estágio em 2015.

A todos os amigos e amigas, pelo companheirismo e ensinamentos.

A Caroline Almeida, pelos conselhos e ajudas nas análises dos hidrogéis.

A Maysa Nascimento, pela ajuda na produção das mudas.

Aos membros do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas e aos meus ex-orientadores Sonia Regina e Leandro Azevedo, por todo aprendizado obtido nos dois anos de iniciação científica.

Ao Laboratório de Pesquisas e Estudos em Reflorestamento e ao Laboratório de Manejo de Bacias Hidrográficas, pela concessão de espaços e equipamentos para realização dos experimentos.

Aos companheiros de quarto do alojamento, por todo o apoio, amizade e ensinamentos nos últimos quatro anos.

Aos membros da banca, professores Paulo Leles e Marcel Abreu, pela atenção e conselhos.

RESUMO

Os polímeros hidrorretentores são produtos capazes de reter significativa quantidade de água em relação a sua massa, podendo ser usados como condicionadores de solo ou substrato, visando aumentar não somente a retenção de água, mas também de nutrientes, tornando esses recursos disponíveis às plantas por mais tempo. Entretanto, poucas pesquisas foram desenvolvidas testando-os na produção de mudas de espécies nativas arbóreas. Objetivou-se caracterizar polímeros hidrorretentores de duas marcas comerciais quanto a capacidade de retenção de água em relação ao tempo e à condutividade elétrica crescente, assim como testar esses produtos na produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. Para determinação das curvas de absorção de água dos polímeros ao longo do tempo, os mesmos foram hidratados em água deionizada e pesados ao longo de 24 horas. A capacidade de retenção de água dos polímeros foi avaliada em soluções de cloreto de potássio (KCl) e de cloreto de cálcio (CaCl₂) nas condutividades elétricas de 0; 0,5; 1; 2; 4 e 8 dS m⁻¹. Na produção de mudas, ambos os polímeros foram incorporados ao substrato nas doses de 1, 2 e 4 kg m⁻³, a avaliação do efeito das doses sobre a qualidade das mudas se deu pela mensuração e comparação de parâmetros morfológicos das mesmas. O polímero hidrorretentor Forth[®] apresentou maior capacidade de retenção de água que o UPDT[®]. A capacidade de retenção de água de ambos os produtos foi reduzida em soluções com condutividades elétricas crescentes, sendo mais afetada pela solução de CaCl₂ do que pela de KCl, o que demonstra a importância da qualidade da água para seu uso. De forma geral, a incorporação de polímeros hidrorretentores ao substrato não proporcionou mudas com parâmetros morfológicos superiores, exceto diâmetro do coleto e massa de matéria seca de raiz, que responderam positivamente ao aumento nas doses dos polímeros.

Palavras-chave: hidrogel, condutividade elétrica, retenção de água.

ABSTRACT

Hydrophylic polymers are products capable of holding significant amounts of water in relation to their mass and can be used as soil or substrate conditioners, aiming to increase the water and nutrients retention, making these resources available to plants for a longer time. However, few research has been developed testing them in the seedlings production of native tree species. The aim of this work was to characterize hydrophylic polymers of two trademarks regarding water retention capacity related to time and increasing electrical conductivity, as well as to test these products in the seedlings production of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. To determine the polymers water absorption curves over time, they were hydrated in deionized water and weighed over 24h. The polymers water retention capacity was evaluated in potassium chloride (KCl) and calcium chloride (CaCl₂) solutions at electrical conductivitys of 0; 0.5; 1; 2; 4 and 8 dS m⁻¹. In seedlings production, both polymers were incorporated to the substrate at 1, 2 and 4 kg m⁻³ doses, the evaluation of the doses effect on seedling quality was made by measuring and comparing their morphological parameters. Forth[®] hydrophylic polymer presented a higher water retention capacity than UPDT[®]. The water retention capacity of both products was reduced in solutions with increasing electrical conductivitys, being more affected by CaCl₂ than KCl solution, which demonstrates the importance of water quality for its use. In general, the incorporation of hydrophylic polymers in the substrate did not provide seedlings with superior morphological parameters, except for the stem diameter and root dry matter mass, which positively responded to the increasing polymer doses.

Keywords: hydrogel, electrical conductivity, water retention.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	1
2.1 Manejo hídrico na produção de mudas de espécies arbóreas	1
2.2 Polímeros hidrorretentores (PH)	2
2.3 <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong.....	3
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	4
3.1 Determinação da curva de absorção de água dos polímeros hidrorretentores	4
3.2 Retenção de água dos polímeros hidrorretentores em soluções salinas.....	4
3.3 Produção de mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong com polímeros hidrorretentores incorporados ao substrato.....	4
3.4 Mensuração das características morfológicas das mudas	5
3.5 Análise estatística	6
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	6
5. CONCLUSÕES.....	14
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15

1. INTRODUÇÃO

O processo de produção de mudas de espécies arbóreas exige, entre outros fatores, a contínua disponibilidade de água para irrigação. O atendimento à demanda hídrica das mudas é determinante para que as mesmas apresentem sobrevivência, bom crescimento e grau de qualidade desejado no momento da expedição.

O método de irrigação por aspersão é o mais utilizado nos viveiros de mudas de espécies arbóreas, contudo trata-se de um sistema que gera desperdício de água, em função de fatores como o vento, a má distribuição dos aspersores e os espaços vazios entre as mudas (AUGUSTO et al., 2007).

Considerando a necessidade cada vez maior de otimizar o uso da água, por conta de sua escassez em determinadas regiões e/ou épocas do ano, tem sido incentivado o desenvolvimento de técnicas que possibilitem menor consumo de água na produção de mudas arbóreas. Dessa forma, é possível reduzir os custos do viveiro, mantendo-se o nível de qualidade das mudas produzidas.

Nesse contexto, o uso de polímeros hidrorretentores, comumente chamados de hidrogéis, figura como alternativa para aumentar a capacidade de retenção de água e de nutrientes pelo substrato das mudas, reduzindo estresse hídrico e mortalidade das mesmas. Esses produtos podem ser naturais (derivados do amido, por exemplo) ou sintéticos (derivados do petróleo), sendo capazes de reter centenas de vezes a sua própria massa em água (AZEVEDO, 2000).

A efetividade dos polímeros hidrorretentores no desempenho das funções supracitadas pode ser influenciada por vários fatores, como as características físico-químicas do substrato, fertilizações químicas de base e de cobertura, a dose e a composição do polímero utilizado, o tipo e o tamanho do recipiente, os tratamentos culturais, as características da espécie vegetal, o método de irrigação e a condutividade elétrica da água utilizada no processo. É importante salientar que o condicionamento e a interação de todos estes fatores irão determinar a viabilidade ou inviabilidade do uso de polímeros hidrorretentores em viveiros de mudas arbóreas. Tal constatação reforça a necessidade do desenvolvimento de pesquisas sobre as relações entre as características dos hidrogéis e as possíveis condições de uso dos mesmos.

A espécie arbórea *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong apresenta rápido crescimento, simbiose eficiente com bactérias fixadoras de N atmosférico e tolerância a solos degradados, tendo seu uso indicado para projetos de recuperação ou restauração florestal (CARVALHO, 2003).

Este trabalho teve como objetivo caracterizar polímeros hidrorretentores de duas marcas comerciais quanto à capacidade de retenção de água em relação a velocidade de absorção e em soluções salinas com condutividades elétricas crescentes. Adicionalmente, também se objetivou avaliar o uso de doses crescentes desses dois polímeros hidrorretentores incorporados ao substrato, na produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong em tubetes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Manejo hídrico na produção de mudas de espécies arbóreas

A água é um dos fatores ambientais mais limitantes ao estabelecimento e crescimento das mudas, já que o estado energético de cada planta é resultado da interação entre a demanda evaporativa atmosférica, o potencial hídrico do solo, a distribuição do sistema radicular e os processos fisiológicos (FERREIRA, 1997).

Segundo Lopes et al. (2007), quantificar a necessidade hídrica na produção de mudas é essencial, pois a falta de água pode ocasionar no estresse hídrico e na redução da absorção de nutrientes pelas plantas, enquanto seu excesso pode favorecer a lixiviação dos nutrientes, além de proporcionar um microclima favorável ao desenvolvimento de doenças.

De acordo com Grigoletti Júnior et al. (2001), dentre os fatores que determinam a quantidade de água necessária estão o tipo de substrato, o tamanho do recipiente, a umidade relativa e a temperatura. A arquitetura da planta também é importante, pois dependendo da distribuição e da posição das folhas na planta, a irrigação por aspersão poderá ou não molhar adequadamente o substrato. Uma boa distribuição das mudas e um substrato com textura adequada são fundamentais para irrigação eficiente. A qualidade da água também afeta o crescimento das mudas, dentre os fatores que interferem na mesma temos o pH e a salinidade, que estão relacionados à absorção de água e nutrientes pelas plantas, assim como à contaminação por patógenos.

Quanto aos métodos de irrigação utilizados na produção de mudas arbóreas, além do manual que consiste no uso de mangueiras e regadores, há também os sistemas de irrigação, como por exemplo, o de aspersão, de microaspersão, de gotejamento, de nebulização, de barra de pulverização e de subsuperfície (GOMES e PAIVA, 2011). Cada sistema apresenta vantagens e desvantagens, tendo sua efetividade atrelada às peculiaridades de cada viveiro. Conforme diagnóstico realizado por Gonçalves et al. (2004) nos viveiros do estado de Minas Gerais, a grande maioria destes utilizava a irrigação por aspersão, mas uma parcela considerável dos viveiros (22,6%) ainda utilizava apenas mangueiras e regadores. Alguns sistemas de irrigação apresentam elevado custo de implantação, no entanto, a economia de água após sua instalação pode justificar o investimento.

Além do sistema de irrigação, o tipo de recipiente é outro fator que interfere na irrigação. Cada vez mais, têm-se optado pelo uso de tubetes na produção de mudas de espécies arbóreas, pois proporcionam melhor crescimento radicular das plantas e facilitam a logística da produção. No entanto, como os tubetes apresentam normalmente menor volume, consequentemente há menor armazenamento e disponibilidade de água e de nutrientes. Isso torna essencial que as práticas de irrigação e de fertilização nesse tipo de recipiente sejam realizadas corretamente, visando a obtenção de resultados satisfatórios na qualidade final das mudas (THEBALDI, 2011).

De acordo com Rodrigues (2007), o consumo de água nos viveiros florestais é elevado, sendo que as perdas no volume drenado (excesso) chegam a 40% do total aplicado. Esse excesso de água reflete também na lixiviação dos nutrientes e absorção inadequada destes pelas mudas, reduzindo a qualidade das mesmas e a produtividade do viveiro. Dessa forma, buscar alternativas para aumentar a eficiência do processo de irrigação é fundamental, e nesse contexto o uso de polímeros hidrorretentores tem sido testado.

2.2 Polímeros hidrorretentores (PH)

Também denominados de polímeros superabsorventes, hidroabsorventes, géis ou hidrogéis, os polímeros hidrorretentores são reconhecidos por sua alta capacidade de absorção e retenção de água, multiplicando seu peso seco por até centenas de vezes quando hidratados em soluções aquosas. Apresentam forma granular e consistência quebradiça quando secos, mas ao serem hidratados tornam-se macios e elásticos (VALE et al., 2006). Esses produtos vêm sendo desenvolvidos e aprimorados desde a década de 1950, apresentando atualmente variações quanto a origem e a composição, conforme os usos que lhe foram atribuídos ao longo destes anos (NASSER et al., 2007).

Os polímeros hidrorretentores têm sido utilizados como condicionadores de solos ou substratos nos setores agrícola e florestal, visando aumentar a retenção de água destes meios porosos, tornando-a disponível às plantas por mais tempo (AZEVEDO et al., 2002). Dessa forma, torna-se possível o aumento do intervalo entre irrigações, assim como a manutenção do estresse hídrico vegetal em níveis não prejudiciais ao crescimento da cultura em questão, propiciando maiores produtividades (NAVROSKI et al., 2016).

Segundo Gervásio e Frizzone (2004), o comportamento dos polímeros hidrorretentores pode variar de acordo com a quantidade de insumos utilizados em casas de vegetação e em viveiros de produção de mudas. Esta variabilidade é atribuída ao efeito dos sais presentes na solução do substrato, que reduz a capacidade de retenção de água com o aumento da condutividade elétrica da solução. Em solos salinos ou em substratos que recebem altas doses de adubação o uso desses produtos pode ser inviabilizado (AZEVEDO et al., 2006; CAVALCANTI et al., 2013).

O potencial de retenção de água desses polímeros também está relacionado a textura do meio de cultivo onde os mesmos são incorporados (OLIVEIRA et al., 2004). Apesar dos estudos sobre esta interação não chegarem a um consenso, a tendência é de que, quando acrescentados de doses iguais de polímero, solos arenosos apresentem incrementos mais significativos na retenção de água, se comparados a solos argilosos (SAAD et al., 2009).

Diferentes autores recomendam a utilização de polímeros hidrorretentores na produção de mudas e na implantação de povoamentos florestais para espécies de eucalipto (BERNARDI et al., 2011; NAVROSKI et al., 2014; AZEVEDO et al., 2016; FELIPPE et al., 2016). No entanto, há poucos estudos sobre o uso na produção de mudas de espécies arbóreas nativas, sendo que estes apresentam diferentes conclusões quanto à eficácia do produto, dada a variabilidade de características entre as espécies vegetais, condições de cada viveiro e experimentos realizados.

Em trabalho realizado por Mews (2014), a utilização de diferentes doses de polímero hidrorretentor incorporadas ao substrato, associada a fertilização nitrogenada de cobertura, influenciou positivamente o crescimento e a qualidade de mudas de *Handroanthus ochaceus*, *Handroanthus impetiginosus* e *Myracrodruon urundeuva* em casa de vegetação. Também foi recomendada a aplicação de polímero hidrorretentor na produção de mudas de *Inga vera*, *Anadenanthera colubrina* e *Clitoria fairchildiana* por Sousa (2014), assim como *Aspidosperma parvifolium* por Menegatti et al. (2017). Já no trabalho de Sousa et al. (2013), na produção de mudas de *Anadenanthera peregrina*, a qualidade das mesmas piorou conforme se aumentaram as doses de polímero hidrorretentor aplicadas ao substrato.

2.3 *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong

Conhecida como Orelha de Negro, Orelha de Onça, Tamboril, Timbauva, entre outros nomes populares, essa espécie pertence à família Fabaceae (subfamília Mimosoideae). É considerada pioneira ou secundária inicial, de ocorrência natural em florestas estacional decidual, estacional semidecidual e ombrófila densa, presente em diversos estados das regiões Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul do Brasil. A madeira apresenta densidade entre 0,37 e 0,60 g cm⁻³, sendo propícia para diferentes finalidades na construção naval e civil, além de caixotarias leves. A espécie apresenta rápido crescimento e tolerância a diferentes tipos de solos, sendo indicada para a recuperação de áreas degradadas (CARVALHO, 2003).

Outros pontos positivos são sua capacidade de formar simbiose eficiente com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico e tolerância a solos contaminados por metais pesados (TRANNIN et al., 2001).

Os frutos dessa espécie são vagens recurvadas, brilhantes, de coloração marrom e em formato de orelha. Suas sementes apresentam dormência tegumentar, sendo o método de escarificação mecânica com lixa eficiente para a superação da mesma (SILVA et al., 2012; ALEXANDRE et al., 2009).

Na produção de mudas, existem alguns estudos. De acordo com Abreu et al. (2015), a utilização tanto de sacos plásticos, como de tubetes proporcionou resultados satisfatórios na produção de mudas de *Enterolobium contorsiliquum*. Melo et al. (2008) constataram que o melhor crescimento e qualidade de mudas se deu em condições de pleno sol, ou sob 20% de sombreamento. Segundo Fauerharmel (2014), a espécie apresenta demanda intermediária por água, em torno de 8mm dia⁻¹.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Determinação da curva de absorção de água dos polímeros hidrorretentores

Os polímeros hidrorretentores comerciais Forth[®] e UPDT[®] foram avaliados quanto à velocidade de absorção de água deionizada ao longo de 24 horas após a hidratação. De acordo com os fabricantes, o produto Forth[®] é composto de um copolímero de poliácido de potássio e o produto UPDT[®] é um polímero de origem vegetal a base de amido, sendo ambos biodegradáveis.

Quatro repetições de amostras de 1g de cada polímero hidrorretentor foram mensuradas em balança analítica de precisão e colocadas em potes plásticos com 500 ml de água deionizada, os mesmos foram tampados para evitar evaporação de água. A partir desse momento, nos intervalos de 15min, 30min, 1h, 1h30min, 2h, 3h, 18h e 24h após a hidratação, as amostras foram peneiradas em peneira de malha fina para drenagem da água gravitacional e mensuradas as massas em balança analítica de precisão. Os valores foram registrados e após cada pesagem as amostras foram novamente colocadas nos potes com a água drenada anteriormente.

Com os valores de massa obtidos foram ajustadas equações de retenção de água em função do tempo para cada um dos polímeros hidrorretentores.

3.2 Retenção de água dos polímeros hidrorretentores em soluções salinas

Os polímeros hidrorretentores Forth[®] e UPDT[®] foram avaliados quanto à capacidade de retenção de água em soluções de cloreto de potássio (KCl) e de cloreto de cálcio (CaCl₂) nas condutividades elétricas de 0; 0,5; 1; 2; 4 e 8 dS m⁻¹.

A metodologia utilizada foi semelhante ao ensaio anterior, no entanto a mensuração da massa do polímero hidratado foi realizada somente 24 horas após o momento da hidratação. Para cada polímero hidrorretentor foram realizadas quatro repetições nas soluções de KCl e de CaCl₂ nas condutividades elétricas supracitadas.

Com os valores de massa obtidos foram ajustadas equações de retenção de água, para cada polímero hidrorretentor, em função da condutividade elétrica das soluções de KCl e de CaCl₂.

3.3 Produção de mudas de *Enterolobium contorsiliquum* (Vell.) Morong com polímeros hidrorretentores incorporados ao substrato

A produção das mudas foi realizada no período de abril a setembro de 2019, no Viveiro Florestal “Luiz Fernando de Oliveira Capellão”, do Departamento de Silvicultura do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), em Seropédica/RJ.

As sementes de *Enterolobium contortisiquum* foram doadas pela Companhia Estadual de Águas e Esgoto (CEDAE) e foram submetidas a escarificação em solução de ácido sulfúrico para quebra de dormência. Em seguida foram colocadas em sementeira preenchida com areia lavada, sendo mantidas neste recipiente até a devida germinação e emissão de plântulas.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial duplo, em que os fatores foram duas marcas de polímeros hidrorretentores (Forth® e UPDT®) e três doses de polímero: 1, 2 e 4 kg m⁻³ de substrato, mais o tratamento adicional (sem polímero hidrorretentor - testemunha), totalizando sete tratamentos com quatro repetições cada e 8 mudas por repetição (total de 224 unidades experimentais).

O substrato utilizado foi um produto comercial composto por casca de pinus decomposta estabilizada e vermiculita. O substrato recebeu fertilização de base segundo recomendação de Gonçalves (2000) com as seguintes doses por m³ de substrato: 150 g de N por meio do uso de sulfato de amônio, 300 g de P₂O₅ por meio do uso de superfosfato simples, 100 g de K₂O por meio do uso de cloreto de potássio, e 150 g de FTE Br12 (1,8% de B, 0,8% de Cu, 3,0% de Fe, 2,0% de Mn e 0,1% de Mo) para fornecimento de micronutrientes. A fertilização de cobertura foi realizada acordo com a recomendação de Gonçalves (2000), sendo composta de 200 g de N por meio do uso de sulfato de amônio, e 180 g de K₂O por meio do uso do cloreto de potássio, para 100 litros de solução nutritiva, aplicando-se 5 ml por muda. A primeira fertilização de cobertura ocorreu após 30 dias da semeadura, repetindo-se a cada quinze dias para a fertilização nitrogenada e a cada 30 dias para fertilização potássica.

O recipiente de cultivo foi o tubete de polipropileno com capacidade volumétrica de 280 cm³. Os substratos de cada tratamento foram preparados separadamente. Ao substrato foram homogeneizados os fertilizantes e as respectivas doses dos polímeros hidrorretentores, após foram hidratados com água e mantidos em repouso por 48 horas. Posteriormente procedeu-se ao preenchimento dos tubetes com substrato e os mesmos foram distribuídos na área a pleno sol, em bandejas do tipo plana, com ocupação de 50% das células. Realizou-se a repicagem das plântulas da sementeira para os tubetes, a partir desse momento as mudas foram irrigadas de uma a três vezes por dia por microaspersores, com uma lâmina diária média de 15 mm. O momento de realização das irrigações foi determinado conforme método empírico, baseado na aparência da parte aérea das mudas e em fatores climáticos.

3.4 Mensuração das características morfológicas das mudas

Após a repicagem, a altura da parte aérea (H), até a gema apical e o diâmetro do coleto (DC) foram mensurados a cada 20 dias com régua graduada e paquímetro digital, respectivamente.

Aos 160 dias após a repicagem foram selecionadas duas mudas por repetição, observando-se a representatividade das mesmas em relação às médias de altura e diâmetro do coleto de cada repetição. Nestas mudas, os sistemas radiculares foram separados do substrato com auxílio de água corrente e posteriormente embalados em sacos de papel, assim como as partes aéreas. Posteriormente, este material foi colocado em estufa à 65°C até massa constante e em seguida mensurada a massa em balança analítica de precisão (0,01g), obtendo-se a massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), do sistema radicular (MSR) e total (MST = MSPA + MSR) para cada muda.

A partir dos parâmetros morfológicos obtidos foi calculado o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), por meio da fórmula:

$$IQD = \frac{MST}{\frac{H}{DC} + \frac{MSPA}{MSR}}$$

Onde:

MST = massa de matéria seca total, em g muda⁻¹;

H = altura da parte aérea, em cm;

DC = diâmetro do coleto, em mm;

MSPA = massa de matéria seca da parte aérea, em g muda⁻¹;

MSR = massa de matéria seca do sistema radicular, em g muda⁻¹.

3.5 Análise estatística

Com as medições realizadas a cada 20 dias foram ajustadas regressões do crescimento das mudas em altura e diâmetro do coleto em função do tempo para os diferentes tratamentos.

A análise de variância seguiu a metodologia descrita em Vaz (2013) para fatorial duplo com tratamento adicional. Comparou-se em cada variável (H, DC, MSPA, MSR, MST e IQD) se o nível dos fatores foi significativo, pelo teste F, a 5% de significância. Para os fatores significativos, procedeu-se a análise complementar do experimento, sendo o teste de comparação de médias (teste de Tukey) utilizado para os polímeros hidrorretentores (fator qualitativo) e a análise de regressão para as doses do polímero (fator quantitativo).

No ajuste e validação de todas as regressões considerou-se a aderência do modelo a variação dos dados, assim como a significância da regressão e de seus parâmetros, pelos testes F e t, respectivamente, a 5% de significância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O polímero hidrorretentor da marca comercial Forth[®] apresentou máxima capacidade de retenção de água deionizada 30 minutos após o início da hidratação, chegando a retenção de 370 g de água para cada 1 g de polímero (Figura 1). Nas medições seguintes houve decréscimo dessa capacidade, com a retenção estabilizando-se em torno de 330 g de água. O polímero hidrorretentor da marca comercial UPDT[®] apresentou capacidade de retenção crescente na primeira hora após o início da hidratação, com valor máximo de 140 g (às 3 horas após o início). Nas horas seguintes houve estabilização da capacidade de retenção em torno de 130 g de água deionizada por g de produto (Figura 1).

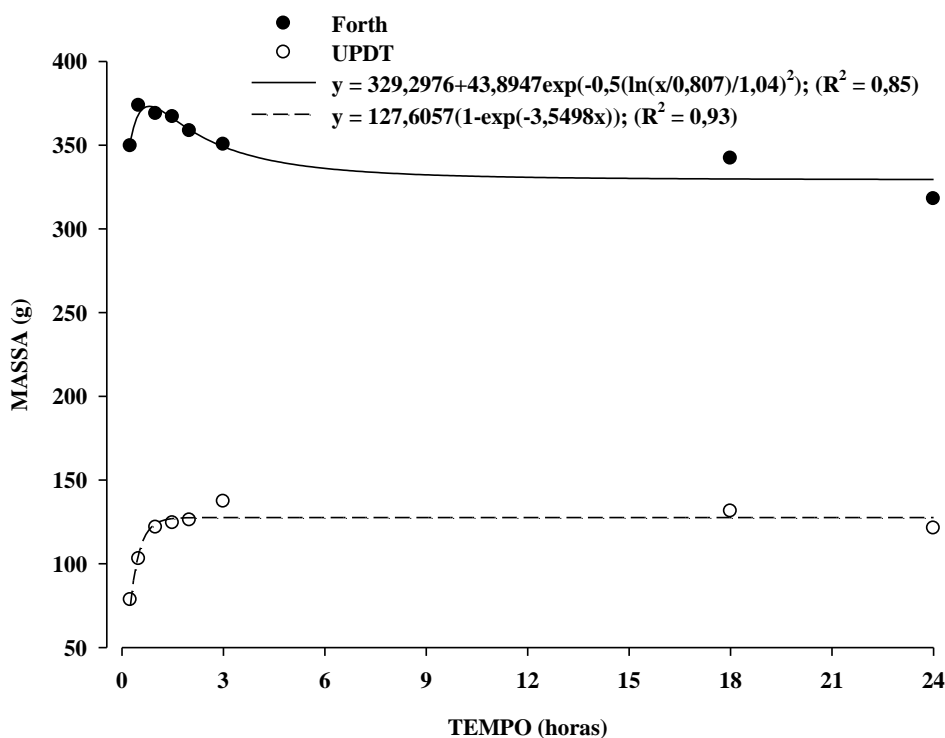


Figura 1 - Curva de retenção de água deionizada em função do tempo para os polímeros hidrorretentores Forth[®] e UPDT[®].

De acordo com Nasser et al. (2007), a diferença na capacidade de retenção de água entre polímeros hidrorretentores pode ser atribuída principalmente à composição química, ao método de síntese e à porosidade dos mesmos. Sendo assim, a menor capacidade de retenção de água observada no produto UPDT[®] pode estar associada não só a sua composição, mas também a sua porosidade, visto que o produto é comercializado em grânulos, enquanto o Forth[®] é um produto de partículas menores.

Vale destacar que os polímeros sintéticos, como no caso do Forth[®], são testados e aprimorados há mais de 50 anos, sendo amplamente usados para diversas finalidades, enquanto os polímeros a base de amido, como o UPDT[®], são menos utilizados, carecendo ainda de pesquisas e melhorias. De acordo com os fabricantes, ambos produtos são capazes de reter centenas de vezes seu próprio peso em água, mas não há especificação dos valores esperados.

Outro fator a destacar foi o rápido incremento em massa e a estabilização das curvas de retenção de água em no máximo três horas após o início da hidratação, para ambos os polímeros (Figura1). Esse tempo de resposta é relativamente curto e positivo para o desempenho dos polímeros hidrorretentores na prática, como condicionadores de solo ou de substrato, pois garante que quando ocorrer uma chuva ou irrigação os polímeros poderão reter o excesso de água disponível, antes da sua percolação ou evaporação.

Gervásio e Frizzone (2004), fazendo ensaio em condições semelhantes, encontraram resultados similares para a retenção de água, no entanto destacam que quando misturados em meios de cultivo, os polímeros apresentam potenciais de retenção inferiores do que quando submetidos à saturação em água, o que ocorre devido a diferentes fatores, como a resistência física oferecida pelo substrato à expansão do polímero.

A capacidade de retenção de água dos polímeros hidrorretentores Forth[®] e UPDT[®] foi afetada negativamente pela elevação da condutividade elétrica na solução (Figura 2). Para ambos os polímeros este efeito foi mais pronunciado nas soluções de CaCl₂ do que nas soluções de KCl. Proporcionalmente, a redução na capacidade de retenção de água em função da condutividade elétrica foi mais acentuada para o polímero Forth[®] do que para o UPDT[®].

Com a elevação de 0 para 0,5 ds m⁻¹, o Forth[®] apresentou redução na capacidade de retenção de água em 48% na solução de KCl e 65% na de CaCl₂, enquanto para o UPDT[®] estes valores foram de 22% e 33%, respectivamente. Na solução de KCl, os produtos apresentaram estabilização da capacidade de retenção em valores entre 50 e 100g de água por 1g de polímero nas condutividades elétricas mais elevadas. Entretanto, na solução de CaCl₂ as reduções em capacidade de retenção de água foram mais drásticas, chegando a faixa de 10 g de água por 1 g de polímero nas maiores condutividades (Figura 2).

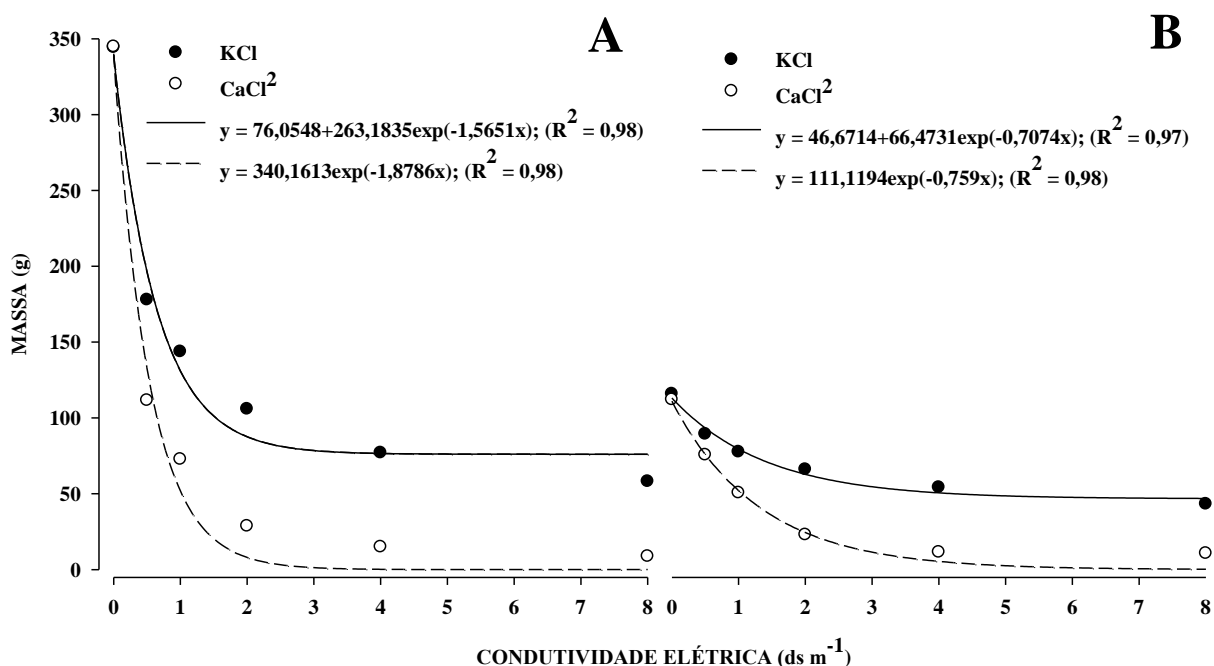


Figura 2 - Retenção de água para os polímeros hidrorretentores Forth[®] (A) e UPDT[®] (B) em função da condutividade elétrica em soluções com KCl e CaCl₂.

De acordo com Azevedo et al. (2006), além da condutividade elétrica da solução de hidratação, os tipos de sais ou fertilizantes adicionados também modificam diferencialmente a capacidade de retenção de água dos polímeros. O conhecimento dessas relações é importante para atividades onde o uso de fertilizantes é intensivo e objetiva-se aproveitar ao máximo a capacidade de armazenamento de água dos polímeros hidrorretentores.

A maior redução na retenção de água pelos polímeros na solução de CaCl₂ em relação a de KCl está de acordo com os resultados encontrados por Bowman et al. (1990), que demonstraram haver maior interferência negativa de cátions bivalentes do que de cátions monovalentes na capacidade de retenção de água de polímeros hidrorretentores a base de poliacrilamida. Ou seja, na solução de CaCl₂ há liberação de Ca⁺², enquanto na solução de KCl há liberação de K⁺, sendo que o cátion Ca⁺² tem maior impacto negativo na estabilidade e retenção de água dos polímeros.

A capacidade de retenção de água do polímero hidrorretentor Forth[®] foi mais impactada, proporcionalmente, que a do UPDT[®] pelo aumento na condutividade elétrica,

corroborando com a constatação realizada por Wang e Gregg (1990), de que os polímeros constituídos por copolímeros sintéticos são mais instáveis na presença de sais do que os derivados do amido. Por conta dessas características, à medida que se aumenta a condutividade elétrica, a diferença na capacidade de retenção de água entre os produtos Forth® e UPDT® diminui, principalmente na solução de CaCl₂ (Figura 2).

O crescimento em altura (H) das mudas aos 160 dias de cultivo não apresentou significância para os fatores e para as interações (Tabela 1). Ao longo do período de cultivo houve tendência de crescimento maior nas mudas com incorporação de polímeros hidrorretentores ao substrato, sobretudo naquelas com adição de Forth® (Figura 3). Para o crescimento em diâmetro do coleto (DC) houve efeito apenas para a interação das doses com os polímeros hidrorretentores (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores *p* da análise de variância dos parâmetros altura (H), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raiz (MSR), massa de matéria seca total (MST) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Enterolobium contortisiliquum* aos 160 dias após a repicagem, em relação a diferentes fontes de variação.

Fonte de Variação	GL	H	DC	MSPA	MSR	MST	IQD
Doses	2	0,484 ^{ns}	0,065 ^{ns}	0,611 ^{ns}	0,022*	0,292 ^{ns}	0,055 ^{ns}
Polímeros	1	0,475 ^{ns}	0,053 ^{ns}	0,183 ^{ns}	0,128 ^{ns}	0,122 ^{ns}	0,103 ^{ns}
Doses vs polímeros	2	0,926 ^{ns}	0,009*	0,243 ^{ns}	0,156 ^{ns}	0,158 ^{ns}	0,075 ^{ns}
Testemunha vs fatorial	1	0,528 ^{ns}	0,844 ^{ns}	0,396 ^{ns}	0,209 ^{ns}	0,251 ^{ns}	0,268 ^{ns}
Resíduo	49	-	-	-	-	-	-
Total	55	-	-	-	-	-	-

* interações significativas a 5% de significância. ^{ns} interações nulas estatisticamente.

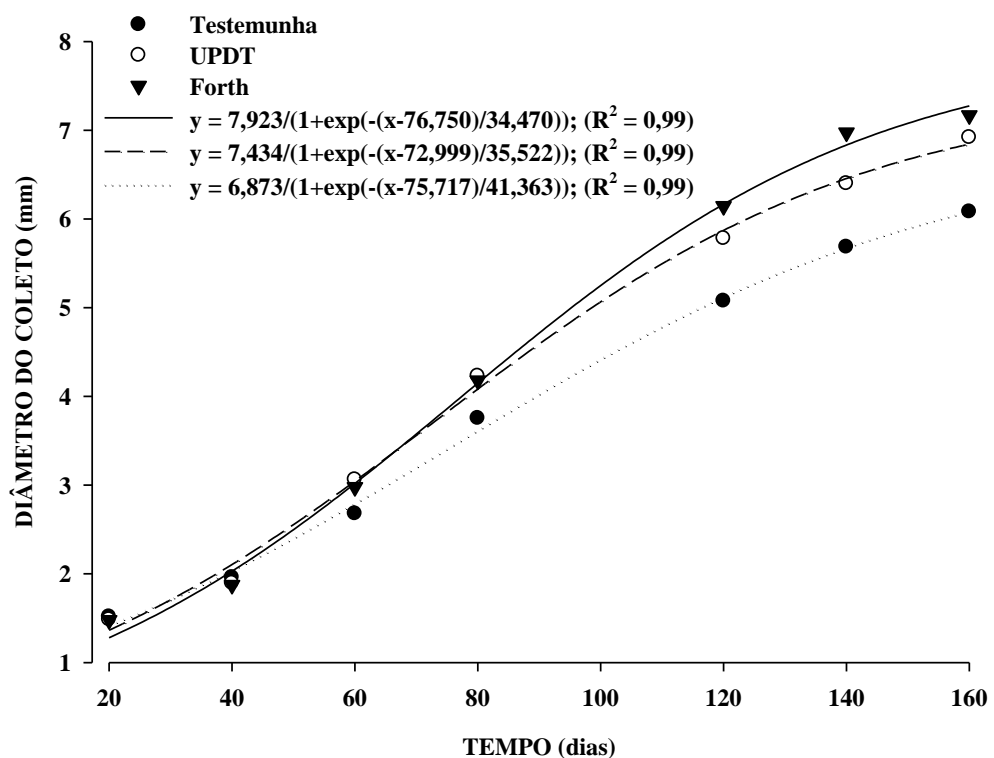
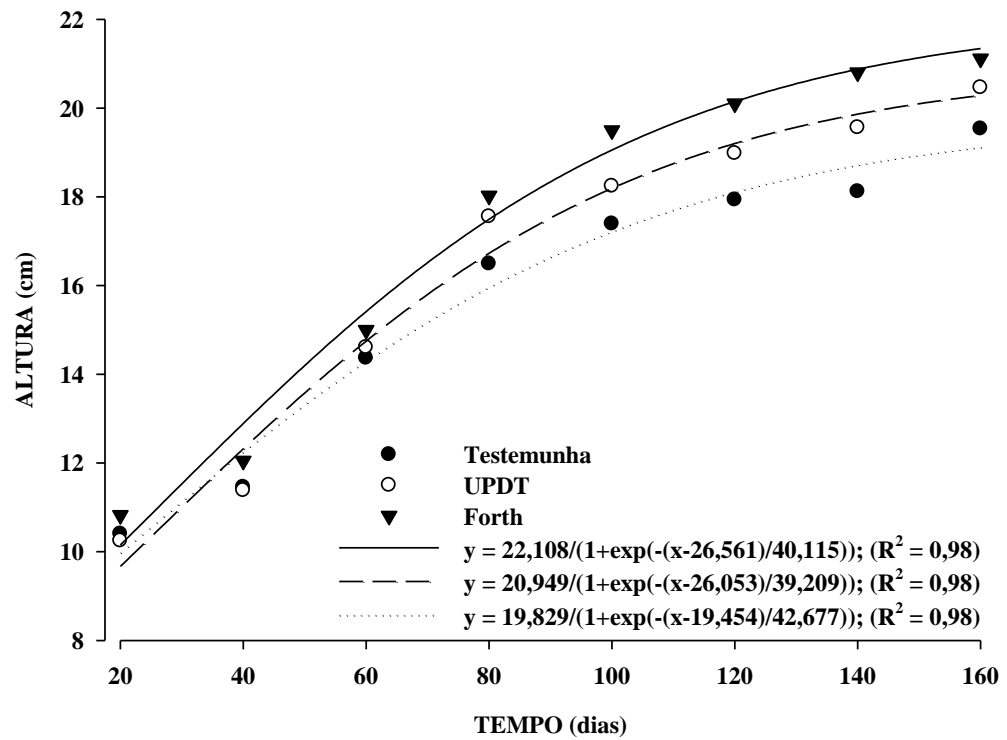


Figura 3 - Crescimento médio em altura e diâmetro do coleto das mudas de *Enterolobium contortisiliquum* em função do tempo nos tratamentos sem adição de polímero hidrorretentor (testemunha) e com adição dos polímeros hidrorretentores Forth® e UPDT® ao substrato.

A produção de mudas ocorreu entre os meses de abril a setembro (meses mais frios e com menor fotoperíodo), o que pode ter interferido no crescimento das mesmas. Esse efeito pode ser observado na taxa de crescimento das mudas em altura, que diminuiu a partir dos 100 dias após a repicagem para todos os tratamentos (Figura 3). O diâmetro do coleto foi menos afetado, apresentando taxas de crescimento consideráveis até o final do experimento, sendo que, aparentemente, as condições climáticas proporcionam condições para o processo de rusticificação das mudas. No trabalho de Abreu et al. (2015), mudas da mesma espécie, em tubetes de 280 cm³, com 90% de substrato comercial e 10% de argila, também no município de Seropédica – RJ, mas cultivadas entre os meses de setembro a fevereiro, apresentaram altura média de 28 cm e diâmetro médio do coleto de 5,13 mm aos 150 dias após a semeadura. Entretanto, de acordo com Souza Junior e Brancalion (2016), mudas de *Enterolobium contortisiliquum* com H entre 15 e 25 cm e DC maior que 3 mm já apresentam qualidade satisfatória para expedição.

Pela comparação visual entre as mudas representativas dos tratamentos, tanto entre doses do mesmo polímero hidrorretentor, como entre polímeros na mesma dose, não ficam evidentes diferenças significativas em crescimento (Figura 4).

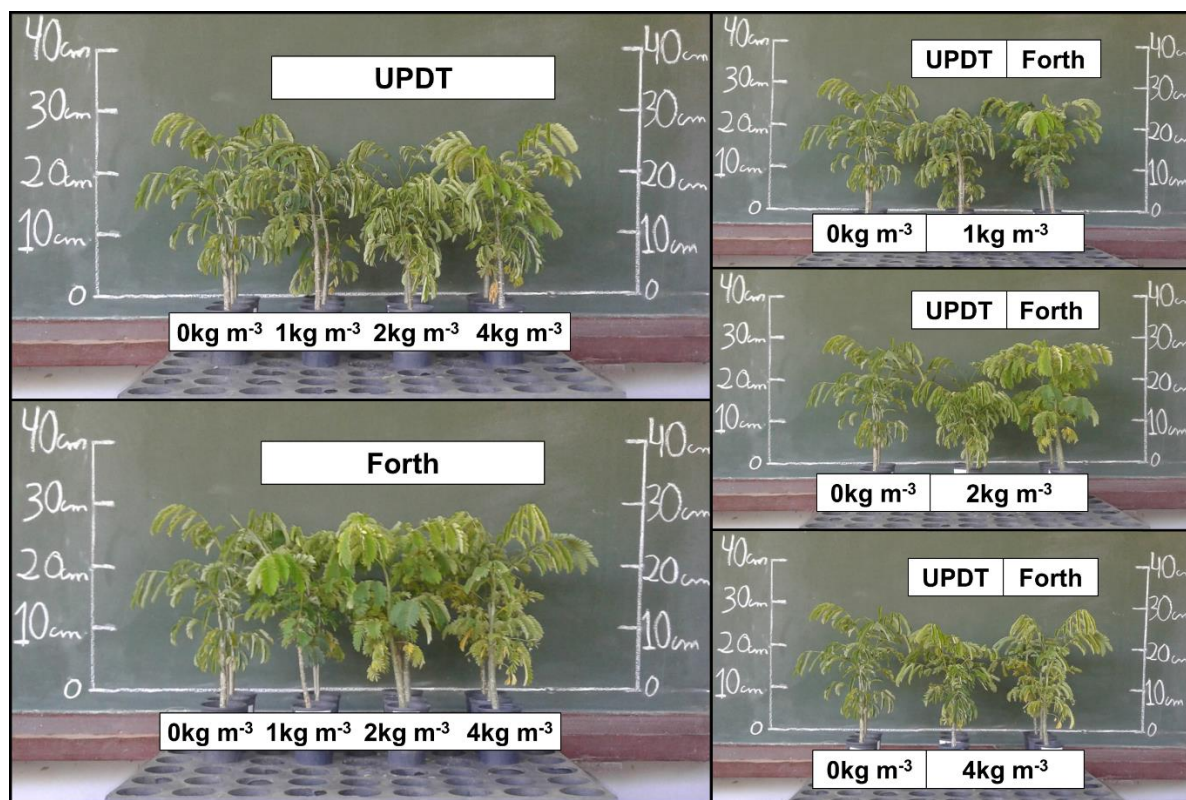


Figura 4 - Mudanças de *Enterolobium contortisiliquum* aos 160 dias após a repicagem nos tratamentos adicional (testemunha - 0 kg m⁻³ de polímero hidrorretentor), 1, 2 e 4 kg m⁻³ UPDT®, e 1, 2 e 4 kg m⁻³ Forth®.

Reis (2018) constatou que a incorporação de doses de até 1 kg m⁻³ de polímero hidrorretentor ao substrato, na produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, não resultou em efeitos positivos no crescimento das mesmas em altura e diâmetro do coleto, aos 120 dias após a semeadura. Entretanto, Azevedo (2018), também analisando o efeito de doses crescentes de polímero hidrorretentor em mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, obteve incrementos significativos em altura, sobretudo na dose de 2 kg m⁻³, que apresentou altura 18,5% superior ao tratamento sem adição de polímero, aos 150 dias após a semeadura.

A ausência de resposta de doses crescentes de Forth[®] e UPDT[®] no crescimento em altura das mudas pode ser atribuída a fatores como a irrigação diária constante (sem estresse hídrico); as fertilizações de base e cobertura frequentes, contribuindo para aumento da condutividade elétrica na solução do substrato e conseqüentemente menor capacidade de retenção de água dos polímeros.

De acordo com a análise de variância entre todos os parâmetros mensurados, em relação a diferentes fontes de variação (Tabela 1), houve interação significativa apenas para a massa de matéria seca de raiz (MSR) entre doses (independentemente do tipo polímero hidrorretentor) e para o diâmetro do coleto (DC) entre doses em função de cada tipo de polímero hidrorretentor.

Apesar dos resultados da análise de variância indicarem efeito significativo dos polímeros hidrorretentores apenas para MSR e DC, observa-se que as doses de 2 e 4 kg m⁻³ de Forth[®] resultaram em valores aparentemente maiores do que a testemunha para todos os parâmetros, com exceção da altura (Tabela 2).

Tabela 2 - Crescimento médio em altura (H) e diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), de raiz (MSR), total (MST) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Enterolobium contortisiliquum* aos 160 dias após a repicagem, nos tratamentos adicional (testemunha – 0 kg m⁻³ de polímero hidrorretentor), 1, 2 e 4 kg m⁻³ UPDT[®], e 1, 2 e 4 kg m⁻³ Forth[®].

Dose	H			DC			MSPA		
	Forth	UPDT	Média	Forth	UPDT	Média	Forth	UPDT	Média
g L ⁻¹	cm			mm			g muda ⁻¹		
0	-	-	23,2	-	-	7,69	-	-	4,57
1	22,2	21,3	21,8	7,11	7,67	7,39	4,66	5,10	4,88
2	23,0	22,2	22,6	8,67	6,56	7,61	6,04	4,72	5,38
4	23,1	23,0	23,0	8,58	8,11	8,35	5,42	4,51	4,96
Média	22,2	22,8	22,6	8,12	7,45	7,76	5,37	4,78	4,95

Dose	MSR			MST			IQD		
	Forth	UPDT	Média	Forth	UPDT	Média	Forth	UPDT	Média
g L ⁻¹	g muda ⁻¹								
0	-	-	3,07	-	-	7,64	-	-	1,8
1	2,98	3,55	3,26	7,64	8,65	8,14	1,6	2,1	1,9
2	4,13	2,93	3,53	10,17	7,65	8,91	2,5	1,5	2,0
4	5,62	4,04	4,83	11,04	8,55	9,79	3,1	2,2	2,7
Média	4,24	3,50	3,67	9,61	8,28	8,62	2,4	2,0	2,1

Os valores de IQD encontram-se acima da média relatada na literatura, o que pode ser explicado pelas baixas relações H:DC e MSPA:MSR, usadas no denominador da fórmula de cálculo do IQD (MELO et al., 2008; MENEGATTI et al., 2017). Foi observado no presente estudo que as mudas destinaram mais recursos para o crescimento em DC e MSR, em detrimento do crescimento em H e MSPA, provavelmente em função das condições climáticas. De acordo com Gomes e Paiva (2011), mudas com sistemas radiculares bem desenvolvidos e maiores diâmetros do coleto, apresentam chances superiores de sobrevivência e crescimento adequado após o plantio. Dessa forma, pode-se inferir que as mudas do presente estudos apresentaram características desejáveis para plantio.

Azevedo (2018) destacou que o uso de polímero hidrorretentor potencializou os efeitos da fertilização na produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* e *Handroanthus heptaphyllus*, ao reter e liberar os nutrientes em sincronia com a demanda das mudas, refletindo em melhor aproveitamento dos nutrientes e aumento da qualidade das mudas. Assim como Sousa (2014), que ao produzir mudas de espécies arbóreas nativas com diferentes doses de polímero hidrorretentor, obteve incrementos significativos nos parâmetros morfológicos H, DC, MSR, MSPA e número de folhas, recomendando as seguintes doses: 5 kg m⁻³ para *Inga vera*, 3 kg m⁻³ para *Anadenanthera colubrina* e 3 kg m⁻³ para *Clitoria fairchildiana*.

A incorporação de doses crescentes de polímeros hidrorretentores resultou em incrementos significativos na massa de matéria seca de raiz em mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Figura 5). A média desse parâmetro nos tratamentos com 4 g L⁻¹ de Forth[®] e UPDT[®] foi em torno de 50% maior do que no tratamento sem adição de polímero.

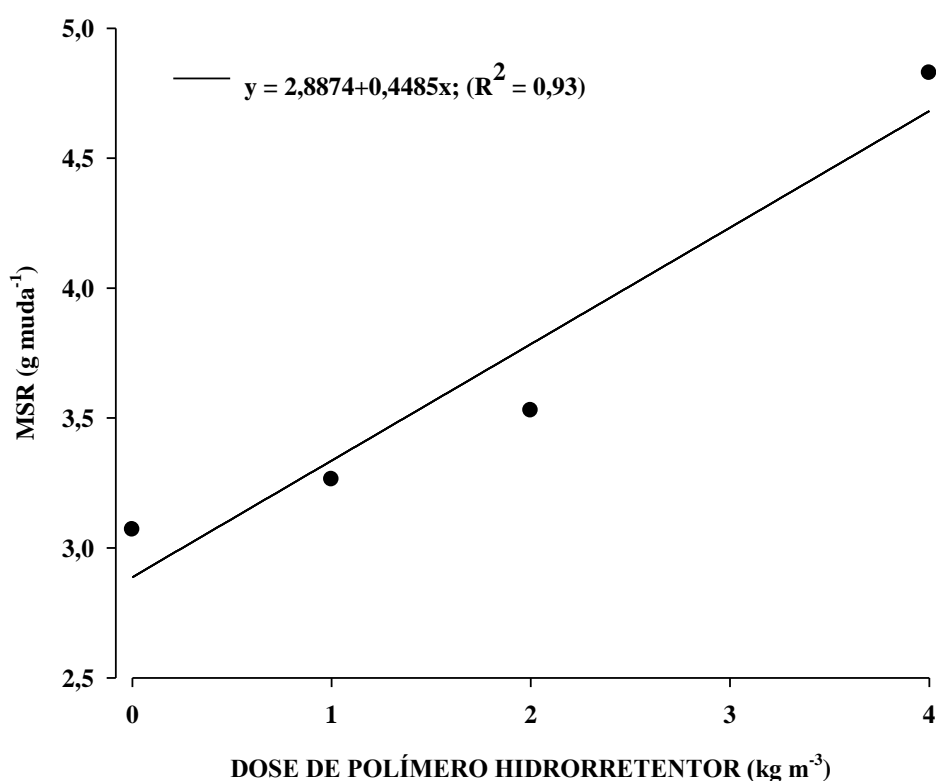


Figura 5 – Massa de matéria seca de raiz (MSR) das mudas de *Enterolobium contortisiliquum* aos 160 dias após repicagem, em função de doses crescentes dos polímeros hidrorretentores Forth[®] e UPDT[®] em conjunto.

Quanto ao parâmetro diâmetro do coleto (DC), houve incremento apenas com o uso do polímero hidrorretentor Forth[®] (Figura 6), sendo que a diferença em relação ao tratamento adicional (testemunha) e a maior dose foi de aproximadamente 1,1 mm. Apesar da regressão ajustada para essa relação ter apresentado um valor considerado ruim (0,13), a mesma foi validada pelo teste F, assim como seus parâmetros, pelo teste t.

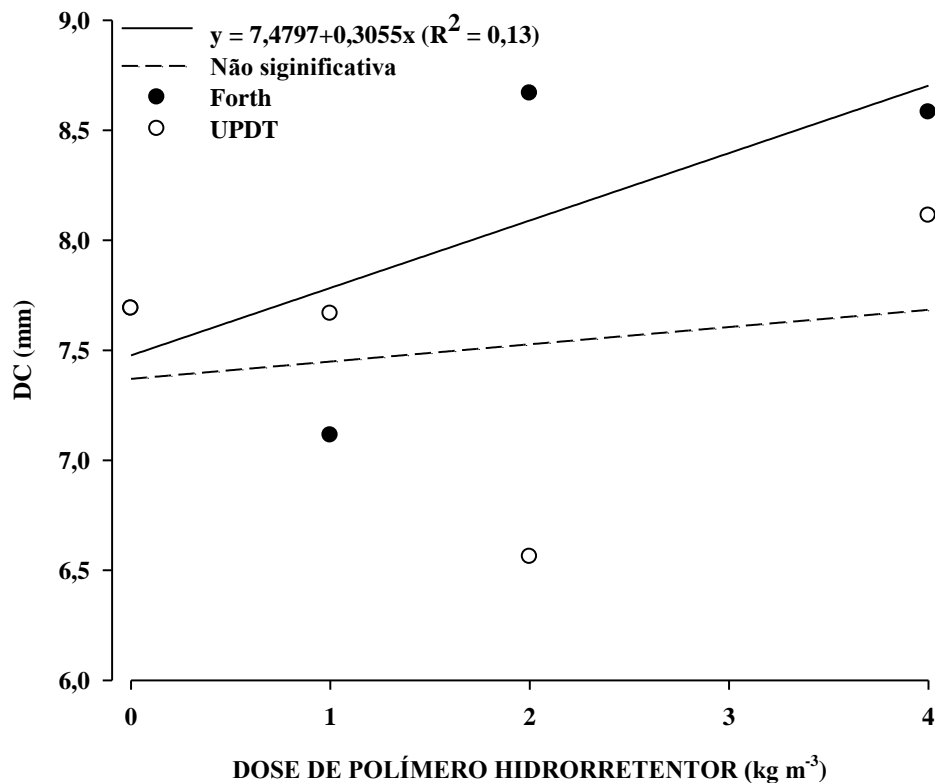


Figura 6 - Diâmetro do coleto (DC) das mudas de *Enterolobium contortisiliquum* aos 160 dias após repicagem, em função de doses crescentes dos polímeros hidrorretentores Forth[®] e UPDT[®]

Os polímeros hidrorretentores são produtos promissores para aumentar a eficiência de uso de água e fertilizantes na produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*. No entanto, a escassez de estudos semelhantes dificulta as comparações. Um fator que não foi explorado nesse trabalho é a frequência de irrigação, que se testada em diferentes níveis, poderia melhor evidenciar os benefícios advindos do uso de hidrogéis na produção de mudas arbóreas.

5. CONCLUSÕES

O polímero hidrorretentor da marca comercial Forth[®] apresentou maior capacidade de retenção de água deionizada (330 g de água g⁻¹ de polímero hidrorretentor) que o da marca comercial UPDT[®] (130 g de água g⁻¹ de polímero hidrorretentor). Ambos os produtos tiveram sua capacidade de retenção de água estabilizada três horas após o início da hidratação.

Ambos os polímeros hidrorretentores reduziram a capacidade de retenção de água em soluções com condutividades elétricas crescentes, sendo este efeito mais expressivo na solução com presença de CaCl₂ do que na de KCl. Entre os polímeros, o Forth[®] foi mais afetado pelo aumento da condutividade elétrica.

De forma geral, a presença dos polímeros hidrorretentores misturados ao substrato não proporcionou mudas com parâmetros morfológicos superiores, exceto diâmetro do coleto (DC) e massa de matéria seca de raiz (MSR), que responderam ao aumento de doses.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; MELO, L. A.; FERREIRA, D. H. A. A.; MONTEIRO, F. A. S. Produção de mudas e crescimento inicial em campo de *Enterolobium contortisiliquum* produzidas em diferentes recipientes. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 141-150, 2015.
- ALEXANDRE, R. S.; GONÇALVES, F. G.; ROCHA, A. P.; ARRUDA, M. P.; LEMES, E. Q. Tratamentos físicos e químicos na superação de dormência em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 2, p. 156-159, 2009.
- AUGUSTO, D. C. C.; GUERRINI, I. A.; ENGEL, V. L.; ROUSSEAU, G. X. Utilização de águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. Ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 751-754, 2007.
- AZEVEDO, G. T. O. S.; AZEVEDO, G. B.; SOUZA, A. M.; MEWS, C. L.; SOUZA, J. R. L. Effect of hydrogel doses in the quality of *Corymbia citriodora* Hill & Johnson seedlings. **Revista Nativa**, Sinop, v. 4, n. 4, p. 244-248, 2016.
- AZEVEDO, G. T. O. S. **Qualidade de mudas de espécies florestais com hidrogel incorporado ao substrato**. 2018. 70p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade de Brasília, 2018.
- AZEVEDO, T. L. F. **Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poliacrilamida no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L) cv. Tupi**. 2000. 38p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual de Maringá, 2000.
- AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GOLÇALVES, 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 Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1239-1243, 2002.
- AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; FREITAS, P. S. L.; GOLÇALVES, A. C. A.; REZENDE, R.; DALLACORT, R.; BERTONHA, L. C. Retenção de soluções de sulfatos por hidrogel de poliacrilamida. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 287-290, 2006.
- 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**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 67-74, 2012.
- BOWMAN, D. C.; EVANS, R. Y.; PAUL, J. L. Fertilizer salts reduce hydration of polyacrylamide gels and affect physical properties of gel-amended container media. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 115, n. 3, p. 382-386, 1990.
- CAVALCANTI, R. Q.; SILVA, A. K. P. M.; COELHO, J. B. M.; BEZERRA NETO, E. Efeito da salinidade na expansividade de hidrogéis agrícolas. In **XIII JEPEX – UFRPE**, Recife, 2013.
- CARVALHO, P. E. R., **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Colombo, Embrapa Florestas, 2003, 1039p.

- FAUERHARMEL, M. **Crescimento inicial de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong em diferentes substratos e lâminas de irrigação.** 2014. 66p. Dissertação (Mestrado em Silvicultura), Universidade Federal de Santa Maria, 2014.
- FELIPPE, O.; NAVROSKI, M. C.; SAMPIETRO, J. A.; FRIGOTTO, T.; ALBUQUERQUE, J. A.; MOTA, C. S.; PEREIRA, M. O. Efeito do hidrogel no crescimento de mudas de *Eucalyptus benthamii* submetidas a diferentes frequências de irrigação. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 2, p. 212-225, 2016.
- FERREIRA, C. A. G. **Aspectos de relações hídricas e crescimento de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em tubetes e aclimatadas.** 1997. 60p. Dissertação (Mestrado em Silvicultura), Universidade Federal de Lavras, 1997.
- GERVÁSIO, E. S.; FRIZZONE, J. A. Caracterização físico-hídrica de um condicionador de solo e seus efeitos quando misturado a um substrato orgânico. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 2, p. 94-105, 2004.
- GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: Propagação sexuada.** Viçosa, Editora UFV, 2011, 116p.
- GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W.; JACOVINE, L. A. G. Diagnóstico dos viveiros municipais no Estado de Minas Gerais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 1-12, 2004.
- GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETTO, S. P.; MANARA, M. P.; STAPE, J. L. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In **Nutrição e fertilização florestal**, Piracicaba, 2000.
- JÚNIOR, A. G.; AUER, C. G.; SANTOS, A. F. Estratégias de Manejo de Doenças em Viveiros Florestais. **Embrapa Florestas**, Colombo, Circular Técnica, v. 47, 8p, 2001.
- MENEGATTI, R. D.; NAVROSKI, M. C.; GUOLLO, K.; FIOR, C. S.; SOUZA, A. G.; POSSENTI, J. C. Formação de mudas de Guatambu em substrato com hidrogel e fertilizante de liberação controlada. **Revista Espacios**, Caracas, v. 38, n. 22, p. 35-48, 2017.
- MELO, R. R.; CUNHA, M. C. L.; RODOLFO JÚNIOR, F.; STANGERLIN, D. M. Crescimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. sob diferentes níveis de luminosidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, n. 2, p. 138-144, 2008.
- MEWS, C. L. **Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas em viveiro em função da incorporação de polímero hidroretentor ao substrato e adubação nitrogenada.** 2014.66p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade de Brasília, 2014.
- MONTEIRO, M. M.; VIEIRA, D. A.; SILVA-NETO, C. M.; GATTO, A.; VENTUROLI, F. Abordagem multivariada do uso do hidrogel em espécies nativas do cerrado em área degradada. **Tree dimensional**, ProFloresta, Goiânia, v.1 n.1. p.1-14, 2016.
- NASSER, R. O.; LOPES, G. K.; ANDRADE, C. T.; TEIXEIRA, S. C. S. Correlação entre a capacidade de inchamento e as características estruturais de polímeros superabsorventes. In **9º Congresso Brasileiro de Polímeros**, Campina Grande, 2007.
- NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO, M. M.; PEREIRA, M. O.; FIOR, C. S. Influência do polímero hidroretentor nas características do substrato comercial para produção de mudas florestais. **Revista Interciencia**, Caracas, v. 41, n. 5, p. 357-361, 2016.

- NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO, M. M.; REININGER, L. R. S.; MUNIZ, M. F. B.; PEREIRA, M. O. Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de *Eucalyptus dunnii*. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 315-328, 2015.
- OLIVEIRA, R. A.; REZENDE, L. S.; MARTINEZ, M. A.; MIRANDA, G. V. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 160-163, 2004.
- LOPES, J. L.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 835-843, 2007.
- REIS, J. F. **Biossólidos e polímero hidrotentor na produção de orelha-de-negro em tubetes**. 2018. 35p. (Monografia), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2018.
- RODRIGUES, S. B. S. **Análise do uso de água em unidades de produção de mudas de eucalipto**. 2007. 93p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- SAAD, J. C. C.; LOPES, J. L. W.; SANTOS, T. A. Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pós-plantio de *Eucalyptus urograndis* em dois solos diferentes. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 404-411, 2009.
- SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; LUDUVICO, J. R.; MEWS, C. L.; SOUZA, A. M.; Incorporação de polímero hidrotentor no substrato de produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) SPEG. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1270-1278, 2013.
- SOUSA, J. R. L. **Respostas de mudas de leguminosas arbóreas em viveiro à incorporação de polímeros hidrotentores e à adubação nitrogenada de cobertura**. 2014. 48p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade de Brasília, 2014.
- SOUZA JUNIOR, C. N.; BRANCALION, P. H. S. **Sementes e Mudanças: Guia para propagação de árvores brasileiras**. São Paulo, Editora Oficina de Textos, 2016, 463p.
- SILVA, A. C. F.; SILVEIRA, L. P.; NUNES, I. G.; SOUTO, J. S. Superação de dormência de *Enterolobium contortisiliquum* Mor. (Vell.) Morong. **Revista Scientia Plena**, Aracaju, v. 8, n. 4, p. 1-6, 2012.
- THEBALDI, M. S. **Irrigação de mudas de espécies florestais nativas produzidas em tubetes**. 2011. 91p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas), Universidade Federal de Lavras, 2011.
- TRANNIN, I. C. B.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Crescimento e nodulação de *Acacia mangium*, *Enterolobium contortisiliquum*, e *Sesbania virgata* em solo contaminado com metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 743-753, 2001.
- VALE, G. F. R.; CARVALHO, S. P.; PAIVA, L. C. Avaliação da eficiência de polímeros hidrotentores no desenvolvimento do cafeeiro em pós-plantio. **Revista Coffee Science**, Lavras, v.1, n.1, p. 7-13, 2006.
- VAZ, M. A. B. **Estudo de delineamentos experimentais no esquema fatorial duplo com um tratamento adicional**. 2013. 102p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agrônômica), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2013.

WANG, Y. T.; GREGG, L. L. Hydrophilic polymers – their response to soil amendments and effect on properties of a soil less potting mix. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 115, n. 6, p. 943-948, 1990.