

INFLUÊNCIA DO SUBSTRATO NA PLASTICIDADE DE CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DE *Anadenanthera peregrina* E *Erythrina mulungu*

Francisco Thiago Rabelo Maia¹; Diego Fernandes Lima²; Antonia Luana F. Praxedes³; Vicente Elício Porfiro Sales Gonçalves da Silva⁴; Maria Amanda Menezes Silva⁵

- (1) Aluno do curso Técnico em Meio Ambiente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – campus Quixadá. Email: thiago.ftrm@gmail.com
(2) Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – campus Quixadá. Email: ferdiegolima@gmail.com
(3) Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – campus Quixadá. Email: luanaprxedes1995@gmail.com
(4) Mestrando em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – campus Fortaleza. Email: vicenteelicio@gmail.com
(5) Professora do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – campus Quixadá. Email: amanda.menezes@ifce.edu.br

Resumo: O desenvolvimento de cobertura de solo em ambientes sob processo de recuperação necessita cada vez mais de técnicas viáveis e ágeis. Nessa perspectiva o presente estudo teve como objetivo fazer a avaliação do efeito da aplicação do substrato lodo de esgoto, na plasticidade de características funcionais de *Anadenanthera peregrina* e *Erythrina mulungu*, duas espécies comumente encontradas na caatinga. A pesquisa foi desenvolvida no viveiro do IFCE, campus Quixadá. Foram aplicados três tratamentos: lodo bruto (LB), lodo higienizado (LH) e sem manipulação (SM). Para o estudo, foram necessários cinco indivíduos de cada espécie para cada tratamento, totalizando 30 indivíduos, que foram etiquetados, e no período de quatro meses após a germinação foram destruídos para obtenção de teor de matéria seca nas folhas, do caule, da raiz fina e da raiz grossa, área foliar, Altura da planta, Diâmetro da planta, Comprimento do caule, Comprimento radicular e Diâmetro radicular. Com intuito de determinar as relações entre pares de características funcionais, e os diferentes investimentos nas características, sendo submetidas às análises de correlação, com o auxílio do *software PAST*, identificando as que foram significativas pelo coeficiente de *Pearson* ($p < 0,05$). Na identificação das diferenças nas características funcionais entre os tratamentos para espécies, todos os dados foram comparados por meio da análise de variância (ANOVA), completada pelo teste de Scott-Knott, quando a ANOVA indicou diferença entre tratamentos com nível de significância de 0,05. Após as análises foi observado que no lodo higienizado *A. peregrina* apresentou maior área foliar, maior crescimento em altura e um maior diâmetro radicular, comparando-se aos demais tratamentos. Já em relação ao comprimento do caule, o tratamento LH apresentou os menores valores. O único parâmetro medido em *E. mulungu* em que o LH influenciou significativamente, foi o teor de matéria seca da folha. Para esta espécie os efeitos do incremento de lodo foram pouco significativos. Deste modo, é possível concluir que o uso do lodo é uma boa ferramenta para que seja obtido maior investimento em mudas de algumas espécies, sendo útil para obtenção de bons resultados nos processos de recuperação da caatinga.

Palavras-chave: Caatinga; Lodo de esgoto; Recuperação de áreas degradadas.

Introdução

Áreas degradadas são locais que, por sofrer distúrbios naturais ou antrópicos, encontram-se em situação de desequilíbrio, no qual são oprimidos seus componentes essenciais para manutenção e funcionamento de suas funções ecológicas, impossibilitando o uso de forma sustentável (SÁNCHEZ, 2006). A degradação da caatinga é resultado de vários processos, dentre eles a exploração constante da vegetação, que vem aumentando nos últimos anos de forma frequente e acelerada, chegando a 46% da área (MMA, 2016).

As diferentes formas de uso do solo, submetido à atividades antrópicas, como, a agricultura, pecuária, extração de madeira e a urbanização mal planejada, causam consequências impactantes e desequilíbrios ambientais em toda a extensão da caatinga. Tais atividades levam a desertificação de grandes áreas, compactação e perda da qualidade do solo (mais intensos em áreas sob condições de clima seco ou semiárido) e, conseqüentemente, a perda de riqueza e diversidade de sua biota além de outros problemas ambientais (SANTOS et al., 2016).

A crescente urbanização é uma importante produtora de resíduos, os quais ficam aglomerados no ambiente sem seu adequado tratamento ou utilização que possibilite a reciclagem. O tratamento adequado desse efluente urbano e industrial resulta um resíduo sólido, o lodo de esgoto (CLERICI et al., 2007). No entanto, esses resíduos podem ser aproveitados para mitigar impactos ambientais (CAMPOS, 2006). A função de adubo orgânico, exercida pelo lodo de esgoto, na recuperação de áreas degradadas é considerada como a alternativa mais promissora da disposição final. Por ser rico em matéria orgânica e em nutrientes, sua aplicação é recomendada como fertilizante e/ou condicionador do solo, podendo influenciar de forma positiva nas características do solo, como a formação de agregados de partículas, melhorando a infiltração, a retenção de água e a aeração, assim mostrando reflexos ambientais imediatos, como a redução de processos erosivos e melhoria na qualidade dos solos degradados (CAMPOS, 2006).

As mudanças nas características do solo, causadas pela presença do lodo, podem influenciar no desempenho das espécies em campo. Estas respondem plasticamente às mudanças ambientais, como uma estratégia de sobrevivência, de modo que o maior investimento é visto em ambientes com maior disponibilidade de recursos (SANCHEZ et al., 2015).

Vendo que o lodo de esgoto tem potencial de enriquecer o solo e favorecer a absorção de nutrientes pelas plantas, levantou-se

a hipótese de que seu uso pode agilizar o desenvolvimento da cobertura do solo em áreas de caatinga sob processo de recuperação, uma vez que as espécies apresentarão maior investimento em suas características funcionais. Para avaliar essa hipótese, realizou-se um experimento no qual foi avaliado a influência de três tratamentos – lodo bruto, lodo higienizado e sem manipulação – na plasticidade de características funcionais de plantas da caatinga.

Metodologia

Localização e descrição da área de estudo

Este estudo foi realizado utilizando o lodo como substrato no desenvolvimento de cinco espécies encontradas na caatinga, em três situações (lodo bruto, lodo higienizado e sem manipulação). O experimento foi realizado em viveiro, com retenção de 70% dos raios U.V., do Laboratório de Estudos Ecológicos e Ambientais do Bioma Caatinga (LEEABC), situado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, IFCE, campus Quixadá.

O clima da cidade de Quixadá é Tropical Quente Semiárido, apresentando temperaturas em torno de 26 a 28° C, e índices pluviométricos de 838,1mm anuais, com chuvas entre os meses de fevereiro a abril, com umidade relativa em torno de 65%.

Quantidade do lodo aplicado

O lodo utilizado neste estudo foi disponibilizado pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), pertencente à Estação de Tratamento de Esgoto do município de Quixadá-CE, gerado em reatores anaeróbios. Para a aplicação deste resíduo, utilizou-se como base a resolução 375/06 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que define padrões e critérios para que o lodo das estações de tratamento de esgoto seja reutilizado em solos como substrato.

A resolução delimita a taxa de aplicação subsuperficial do lodo a partir das concentrações de nitrogênio encontradas nele, na forma de nitrito, nitrato, amoniacal e Nitrogênio Total *Kjedhal* (NTK). Leva em conta também o valor máximo permitido, pelo estado, de nitrogênio que pode ser introduzido em solos locais.

Para calcular a concentração de nitrogênio nas formas de nitrito e nitrato, seguiu-se, respectivamente, o método Colorimétrico e o método Salicilato. Para determinar a quantidade de nitrogênio amoniacal e NTK o

método adotado foi o 4500-N_{org}C do Standard Methods (APHA, 2005). Tais análises foram realizadas no LABSAN (Laboratório de Saneamento) da Universidade Federal do Ceará.

Tendo conhecimento das concentrações de nitrogênio, conforme a Resolução do CONAMA 375/06, pode-se calcular a taxa máxima de aplicação do lodo, que foi encontrado de 1,2 Kg/m².

Higienização do lodo

Para realizar a higienização do lodo, foi usado o método da calagem, seguindo os procedimentos do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico, PROSAB (LARA et al., 1999), que aponta que a higienização do lodo pela calagem é uma mistura de cal virgem (de construção) ao lodo em quantidades de 30 a 50% do peso seco do lodo. Deste modo, foi utilizado o percentual de 50% para alcançar o máximo de eficácia na higienização, ou seja, o peso de cal virgem igual a 50% do peso seco do lodo.

Assim, a taxa de cal necessária para realizar a higienização do lodo foi de 0,6 Kg/m². A cal utilizada no estudo foi a cal virgem da *Hidracale*. A mistura com o lodo foi realizada de forma manual, seguindo as especificações da PROSAB, em que a cal é aplicada na superfície do lodo e depois de quatro dias move-se este monte de posição, para que todo o lodo seja homogeneizado com a cal. Este procedimento foi realizado em duplicata. A PROSAB aconselha que é preciso realizar tal procedimento no máximo três vezes num intervalo de 14 dias.

Após a mistura do lodo com a cal, houve separação em três montes e recobrimento com lona plástica por uma semana, com o objetivo de reter calor e amônia, finalizando os processos resultantes da reação com a cal.

Aplicação do lodo

Mesmo o experimento sendo realizado em viveiro, as proporções de lodo, solo e substrato seguiram de acordo com a realidade caso os indivíduos fossem plantados em campo. As plantas foram cultivadas individualmente em sacos de polietileno, que tinham 20 cm de altura e 10 cm de largura, cuja taxa de aplicação de lodo foi de 1,2 Kg/m². O preenchimento dos sacos foi de 55% com lodo, 30% com solo local e 15% com substrato do viveiro, que é bagana e esterco bovino nas mesmas proporções. Utilizou-se essa porcentagem de substrato do viveiro, pois quando as mudas são introduzidas nas covas

para a recuperação, elas levam parte desse substrato.

Conforme a resolução do CONAMA é preciso colocar o lodo por um determinado período no solo, antes de fazer a plantação, para que haja um equilíbrio entre lodo e solo. Assim, foram feitos montes com lodo, solo e substrato, e de forma manual ocorreu a mistura. Após 10 dias, ocorreu o preenchimento dos sacos e por uma semana eles foram irrigados, em seguida realizou-se a semeadura.

Seleção das espécies e plantio

A seleção de espécies ocorreu conforme a disponibilidade de sementes no viveiro do Projeto Biomas, que é financiado pela EMBRAPA e desenvolvido em parceria com o Laboratório de Estudos Ecológicos e Ambientais do Bioma Caatinga (LEEABC) do IFCE, campus Quixadá. Para o estudo, foram necessários cinco indivíduos de cada espécie para cada tratamento, totalizando 30 indivíduos (Tabela 1).

Durante todo o período experimental (quatro meses), as mudas foram irrigadas diariamente, conforme as condições do viveiro, por gotejamento e automatizada, sendo realizada duas vezes ao dia, 7:00 e 17:00 horas, com duração de cinco minutos.

Tabela 1: Tabela de espécies utilizadas de acordo com seu enquadramento funcional.

Nome Popular	Espécie	Tipo funcional
Angico-Vermelho	<i>Anadenanthera peregrina</i>	Clímax (FERREIRA; DIAS, 2004)
Mulungu	<i>Erythrina mulungu</i>	Pioneira (EMBRAPA, 2008)

Coleta e análise de dados

Quatro meses após o plantio de cada indivíduo, foram medidos altura e diâmetro das mudas, com fita métrica simples e paquímetro digital. Posteriormente, cada indivíduo foi destruído para realização da análise das características funcionais tanto acima, quanto abaixo do solo.

Todas as folhas das mudas foram analisadas para obtenção do investimento total da planta, conforme Pérez-harguindeguy *et al.* (2013). A área foliar foi calculada com o auxílio de um *software* de imagem (*Image Pro Plus*) que expressa em cm² a área da folha que foi scaneada ainda úmida.

O teor de matéria seca de folhas, caule, raiz fina e grossa, foi calculado por meio da pesagem do peso seco (mg), dividido pelo peso

saturado de água (g), expressa em g/g. Através de uma balança analítica, a primeira parte da pesagem ocorreu quando os componentes estavam úmidos, para obtenção do peso saturado, em seguida, o material foi colocado na estufa a 60°C por 72h, para obtenção do peso seco.

A coleta do caule e da raiz fina e grossa foi feita seguindo o protocolo Pérez-harguindeguy *et al.* (2013), cortando o caule no colo, retirando as folhas e lavando as raízes em água corrente, com cuidado para que não se perca nenhuma parte, visto que as análises foram realizadas utilizando o caule e a raiz inteiros. Deste modo, foram obtidos o comprimento e o diâmetro desses componentes.

Para analisar o efeito da disponibilidade de recursos na plasticidade das características funcionais da comunidade e por espécie, fez-se uma média aritmética para cada indivíduo, em cada parâmetro. Com intuito de determinar as relações entre pares de características funcionais, e os diferentes investimentos nas características, as médias foram submetidas às análises de correlação, com o auxílio do *software PAST*, identificando as que foram significativas pelo coeficiente de *Pearson* ($p < 0,05$).

Para identificar diferenças nas características funcionais entre os tratamentos para espécies, todos os dados foram comparados através da análise de variância (ANOVA), completada pelo teste de Scott-Knott, quando a ANOVA indicou diferença entre tratamentos com nível de significância de 0,05. As análises foram feitas com auxílio do *software ASSISTAT* (SILVA, 2000).

Resultados e discussão

Anadenanthera peregrina

Comparando os três tratamentos, cada um influenciou de maneira distinta em cada parâmetro. No lodo higienizado (Tabelas 2 e 3), *A. peregrina* apresentou maior área foliar, maior crescimento em altura e um maior diâmetro radicular, comparando-se aos demais tratamentos. Mais uma vez, corroborando com as hipóteses iniciais, sendo um reflexo da maior captura de recursos, proporcionando mais fotossíntese, e conseqüentemente crescimento em diâmetro e em altura. Além disso, na presença de grandes quantidades de recursos, esta espécie apresenta alto crescimento (SOUZA *et al.*, 2014).

Em alguns parâmetros, como TMSF, TMSRG e comprimento da raiz (Tabelas 2 e 3), não houve diferença significativa entre o tratamento LH e o tratamento SM, no entanto, estes apresentaram maiores valores que no tratamento com

LB.

Já em relação ao comprimento do caule (Tabela 3), o tratamento LH apresentou os menores valores, e não houve diferença entre os tratamentos LB e SM. Parâmetros como TMSC e TMSRF (Tabela 2) não apresentaram diferenças estatísticas significantes. No entanto, o TMSC deveria ser maior quando há mais recursos, principalmente por essa espécie apresentar alta densidade de madeira (MIRANDA et al., 2012) e seu caule grosso ser altamente resistente ao fogo e aos desconfortos térmicos (SOUZA et al., 2014), investindo em qualidade, característica do grupo funcional no qual se enquadra (FERREIRA; DIAS, 2004).

Erythrina mulungu

O único parâmetro medido em *E. mulungu* em que o LH influenciou significativamente, foi o TMSF (Tabela 2), porém, não houve diferença entre seu uso e o tratamento SM, apresentando valores maiores que no tratamento LB.

Para esta espécie os efeitos do incremento de lodo foram pouco significativos. Demonstração disso é que, parâmetros como TMSC, TMSRF, TMSRG e AF (Tabela 2), apresentaram maiores valores no tratamento SM, e parâmetros como comprimento do caule e, altura e diâmetro da muda e da raiz (Tabela 3), não diferiram entre os três tratamentos. Segundo Melo e Cunha (2008), *E. mulungu* cresce independente de ter abundância ou não de recursos.

Tabela 2: Médias, por espécies em cada tratamento, dos parâmetros avaliados após quatro meses de germinação de sementes submetidas a incorporação de lodo higienizado (LH), lodo bruto (LB) e sem manipulação (SM). Para cada parâmetro, médias seguidas de letras iguais não apresentam diferenças significativas. TMSF = Teor de matéria seca nas folhas (g/g); TMSC= Teor de matéria seca no caule (g/g); TMSRF= Teor de matéria seca na raiz fina (g/g); TMSRG= Teor de matéria seca na raiz grossa (g/g); AF= Área foliar (cm²).

Espécie	TMSF			TMSC			TMSRF			TMSRG			AF		
	SM	LH	LB	SM	LH	LB									
<i>A. peregrina</i>	0.455 ^a	0.469 ^a	0.253 ^b	0.545 ^a	0.428 ^a	0.452 ^a	0.307 ^a	0.305 ^a	0.233 ^a	0.443 ^a	0.463 ^a	0.389 ^b	8.162 ^b	27.727 ^a	4.304 ^b
<i>E. mulungu</i>	0.156 ^a	0.150 ^a	0.113 ^b	0.335 ^a	0.234 ^b	0.172 ^b	0.300 ^a	0.070 ^b	0.086 ^b	0.238 ^a	0.182 ^b	0.139 ^b	65.203 ^a	35.607 ^b	33.673 ^b

Tabela 3: Médias, por espécies em cada tratamento, dos parâmetros avaliados após quatro meses de germinação de sementes submetidas a incorporação de lodo higienizado (LH), lodo bruto (LB) e sem manipulação (SM). Para cada parâmetro, médias seguidas de letras iguais não apresentam diferenças significativas. ALT = Altura da planta (cm); DIAM = Diâmetro da planta (mm); CC= Comprimento do caule (cm); CR = Comprimento radicular (cm); DR= Diâmetro radicular (mm).

Espécie	ALT			DIAM			CC			CR			DR		
	SM	LH	LB	SM	LH	LB	SM	LH	LB	SM	LH	LB	SM	LH	LB
<i>A. peregrina</i>	21.4 ^b	37.6 ^a	21 ^b	1.56 ^b	2.82 ^b	4.26 ^a	6.76 ^a	4.54 ^b	18 ^a	24 ^a	26.4 ^a	19 ^b	4.266 ^b	6.76 ^a	4.54 ^b
<i>E. mulungu</i>	51.6 ^a	46.4 ^a	42.2 ^a	9.48 ^a	10.82 ^a	7.98 ^a	10.12 ^a	8.14 ^a	30 ^a	21.24 ^a	28.4 ^a	22.2 ^a	7.98 ^a	10.12 ^a	8.14 ^a

Conclusões

De modo geral, o lodo higienizado, ao fornecer maiores concentrações de recursos influencia positivamente na plasticidade dos fenótipos de *A. peregrina*, aumentando o investimento nos atributos funcionais, o que, conseqüentemente, pode influenciar na aptidão das espécies em campo. Portanto, é possível concluir que o uso do lodo é uma boa ferramenta para que seja obtido maior investimento em mudas desta espécie, sendo útil para obtenção de bons resultados nos processos de recuperação da caatinga.

Referências

APHA. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 21^a ed. Washington: American Public Health Association, 2005.

CAMPOS, F. S. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de um latossolo vermelho degradado. Unesp, S.P, p. 13, Set. 2006. Disponível em: <<ftp://ftp.feis.unesp.br/docs/PPGA/Disserta%C3%A7%C3%B5es/dissertacoes2006/fabiana2006.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2017.

CLERICI, I.; ANSEMI, M.; CARMELA, S. Agregação do solo em área que recebeu lodo de esgoto. **Solos e nutrição de plantas**, [s.l.], p. 292, 12 jan. 2007. Disponível em:<<http://www.redalyc.org/html/908/90866213/>> Acesso em: 26 jun. 2017.

EMBRAPA. **Curso de recuperação de áreas degradadas: A Visão da Ciência do Solo no Contexto do Diagnóstico, Manejo, Indicadores de monitoramento e Estratégias de Recuperação**. Embrapa solo, Rio de Janeiro, 1^a edição, 2008.

FERREIRA, D. A. C.; DIAS, H. C. T. Situação atual da mata ciliar do ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, p.617-623, 2004.

LARA, A. I. *et al.* (Org.). **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Curitiba: Prosab, 1999.

MELO, R. R.; CUNHA, M. C. L. Crescimento inicial de mudas de mulungu (*Erythrina velutina* Willd.) sob diferentes níveis de luminosidade. **Ambiência**, v. 4, n. 1, p.67-77, 2008.

MIRANDA, C. C. *et al.* Germinação de Sementes de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. com Diferentes Substratos em Condições Laboratoriais. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 1, p.26-31, 2012.

MINISTÉRIO do MEIO AMBIENTE (MMA). Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>. Acessado em: 10 de setembro de 2016.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N. *et al.* New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal Of Botany**, v. 61, n. 3, p.167-234, 2013.

PORTAL EDUCAÇÃO. **Degradação ambiental**. Disponível em: <https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/biologia/degradacao-ambiental/25605>. Acesso em: 15 jun. 2017.

SÁNCHEZ, L. E. Recuperação de áreas degradadas. **Seminário unesp Rio Claro**, Rio Claro, p. 01-14, nov. 2006.

SANTOS, C. A. *et al.* Germinação de sementes de duas espécies da caatinga sob déficit hídrico e salinidade. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v. 36, n. 87, p. 219-224, 2016.

SILVA, F.C.; SOARES-SILVA, L.H. Arboreal flora of the Godoy Forest State Park. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 57, n.1, p. 107-120, 2000.

SOUZA, A.R. *et al.* Flame retardant properties of the bark powder of *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Benth.) Altschul (angico) studied by coupled thermogravimetry–Fourier transform infrared spectroscopy. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 106, p.187-189, 2014.