IV SIMPÓSIO ABC
ARGENTINA-BRASIL-CUBA
Sistemas de Produção e Sustentabilidade Agrícola:
Experiências na Argentina, Brasil e Cuba
Realização
Apoio

EFEITO DA TRANSPOSIÇÃO DE *TOPSOIL* E *MULCHING* DE BAGANA DE CARNAÚBA EM PLANTIOS DE RESTAURAÇÃO NA CAATINGA

Effect of Topsoil Transposition and Carnauba Mulching on Restoration Planting in the Caatinga Biome

Maílson Pereira de SOUZA[1]; Fernando Lima Aires GONÇALVES[2]; Felipe Martini SANTOS[3] & Guilherme Montandon CHAER[4]

[1]Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais (UFRRJ). mailsonflorasertão@gmail.com
[2]Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais (UFRRJ).
[3]Pós-doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais (UFRRJ).
[4]Pesquisador da Embrapa.

Resumo: A mineração de piçarra ocorre em inúmeras pequenas jazidas no estado do Rio Grande do Norte para atender às atividades de produção de petróleo em terra. Esse estudo ocorreu em uma jazida de piçarra descomissionada, onde procurou-se avaliar o estabelecimento (crescimento e sobrevivência) de 16 espécies arbóreas nativas plantadas visando o reflorestamento e recuperação da área. Um experimento delineado em blocos com parcelas subdivididas foi estabelecido tendo como tratamento nas parcelas a aplicação ou não de topsoil (camada de 10 cm) originário de área recém-aberta para exploração. Em cada parcela foram alocados três outros tratamentos em subparcelas, sendo: T1 – controle (regeneração natural); T2 – plantio de mudas; T3 – plantio de mudas com aplicação de *mulching* com bagana de carnaúba (palha residual após extração da cera) na coroa das plantas. Foram realizadas avaliações biométricas ao final das estações seca e chuvosa (Novembro 2018 e Julho de 2019). Das 16 espécies avaliadas no presente estudo, nove se sobressaíram pela alta sobrevivência e crescimento, indicando potencial para serem utilizadas na recuperação de áreas degradadas por extração de piçarra. São elas: *Mimosa tenuiflora, Mimosa caesalpiniifolia, Mimosa sp., Piptadenia stipulacea, Erythrina velutina, Parkinsonia aculeata, Cenostigma bracteosum, Jatropha mollissima e Tabebuia aurea*. A adição de *topsoil* sobre o substrato degradado não interferiu na taxa de sobrevivência das plantas, entretanto, aumentou a média de crescimento em altura das espécies arbóreas. Adicionalmente, o topsoil promoveu uma melhor cobertura do solo e aumento da biodiversidade de espécies herbáceas. O *mulching* de carnaúba promoveu maior crescimento médio das espécies somente em áreas com topsoil. Conclui-se que a combinação do topsoil e do mulching de carnaúba são estratégias eficientes para melhoria do processo de restauração de áreas degradadas por mineração de piçarra na Caatinga.

Palavras-chave: plantio florestal, recuperação de áreas degradadas, semiárido.

Abstract: Piçarra mining occurs in numerous small deposits in the state of Rio Grande do Norte to cater for onshore oil production activities. This study was carried out in a decommissioned quarry field, where we sought to evaluate the establishment (growth and survival) of 16 planted native tree species for reforestation and area recovery. An experiment designed in blocks with subdivided plots was established with the treatment in the plots the application or not of topsoil (10 cm layer) originating from a newly opened area for

exploration. In each plot were allocated three other treatments in subplots, as follows: T1 - control (natural regeneration); T2 - planting of seedlings; T3 - planting of seedlings with application of mulching with carnauba bagana (residual straw after wax extraction) on the crown of the plants. Biometric evaluations were performed at the end of the dry and rainy seasons (November 2018 and July 2019). Of the 16 species evaluated in the present study, nine stood out for their high survival and growth, indicating potential to be used in the recovery of degraded areas by piçarra extraction. They are: *Mimosa tenuiflora, Mimosa caesalpiniifolia, Mimosa sp., Piptadenia stipulacea, Erythrina velutina, Parkinsonia aculeata, Cenostigma bracteosum, Jatropha mollissima and Tabebuia aurea.* The addition of topsoil on the degraded substrate did not affect the plant survival rate, however, it increased the average height growth of tree species. Additionally, topsoil promoted better soil cover and increased biodiversity of herbaceous species. Carnauba mulching promoted higher average growth of the species only in areas with topsoil. It can be concluded that the combination of topsoil and carnauba mulching are efficient strategies to improve the process of restoration of degraded areas by Cajara mining.

Keywords: forest planting, recovery of degraded areas, semiarid.

Introdução

No estado do Rio Grande do Norte a atividade de extração de piçarra (material de subsolo composto principalmente por silte, areia e cascalho) ocorre em inúmeras pequenas jazidas para atender à construção de aterros ligados à atividade de exploração e produção de petróleo em terra (“onshore”) (LIMA et al., 2015). A retirada desse material promove profundas mudanças na paisagem, pois antes da exploração da piçarra toda a camada superficial do solo é removida levando consigo sementes e propágulos. Essa atividade causa mudanças no fluxo hidrológico, eliminação da diversidade biológica e degradação de propriedades físicas químicas e biológicas do solo. A recuperação dessas áreas mostra-se um grande desafio que na maioria das vezes demanda a intervenção humana para auxiliar o ecossistema degradado a se recuperar (CHAER et al., 2011).

Para a recuperação desses ambientes que sofreram alterações extremas é necessário avaliar e definir um conjunto de espécies que sejam capazes de se adaptar e desenvolver em tais condições de modo a promover um rápido recobrimento e proteção do solo e produção de matéria orgânica, proporcionando condições para o estabelecimento de outras espécies vegetais durante o processo sucessional (RESENDE et al., 2013). Não obstante, o plantio de mudas apenas não consegue eliminar os problemas causados pelas chuvas torrenciais como o varrimento da matéria orgânica oriunda da serapilheira das árvores plantadas e a formação de processos erosivos. A aplicação de *topsoil*, entretanto, permite repor parte da camada de solo fértil que geralmente é perdida durante o processo de exploração mineral e, junto ao banco de sementes contido nessa, pode viabilizar o rápido recobrimento da área por vegetação (MUKHOPADHYAY; MAITI; MASTO, 2014). Entretanto, estudos relatam que o excesso de regeneração de vegetação herbácea pode causar excessiva competição com espécies arbóreas jovens, prejudicando o seu desenvolvimento (LIMA et al. 2015).

Outro desafio refere-se ao regime hídrico na região, com pluviosidade irregular e concentrada em 3 a 4 meses do ano (janeiro a abril) seguindo de um longo período de estiagem. Desse modo, métodos que promovam a conservação de umidade no solo a fim de permitir a sobrevivência de mudas recém-introduzidas é fator fundamental para o sucesso de

programas de reflorestamento dessas áreas. Nesse sentido, a utilização da bagana de carnaúba (resíduo proveniente da extração de cera da palmeira *Copernicia prunifera*) como *mulching* pode auxiliar tanto no controle da matocompetição, quanto na manutenção da umidade disponível no solo por períodos mais prolongados para as plantas jovens, principalmente em épocas de estiagem comuns na Caatinga.

Inexistem estudos que associem o uso dessas duas técnicas quando o assunto é recuperação de áreas degradadas na Caatinga. Assim, este trabalho objetivou comparar o estabelecimento (crescimento e sobrevivência) de espécies arbóreas plantadas em áreas com e sem a aplicação de *topsoil*, bem como avaliar o efeito do uso de bagana de carnaúba como *mulching*.

Material e Métodos

O local de estudo está inserido em área de atuação da Unidade de Operações de Exploração e Produção do Rio Grande do Norte e Ceará (UO-RNCE/PETROBRAS) situado no estado do Rio Grande do Norte. O experimento foi instalado na Jazida 111-2, localizada na cidade de Pendência-RN nas coordenadas 5° 25’ S e 36°58’ W. O clima da região é do tipo BSwh’ (quente e seco com estação chuvosa de janeiro a maio e estação seca de junho a dezembro). A temperatura média anual é de 27,4 °C, apresentando precipitação anual média de 673 mm, com clima seco durante 7 a 8 meses (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1995).

O experimento foi instalado em maio de 2018 com delineamento em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Cada parcela experimental foi constituída de uma área homogênea de 25 m x 20 m, e duas delas receberam uma camada entorno de 10 cm de *topsoil*. Para isso, foram utilizados cerca de 80 m^3 de *topsoil* na instalação do experimento. Esse material foi proveniente da abertura de novas frentes de lavra de jazidas de piçarra ou de novas locações de poços petrolíferos. Cada parcela foi subdividida em três subparcelas de 8,3 m x 20 m, representadas pelos tratamentos T1 – controle (regeneração natural); T2 – plantio de mudas; T3 – plantio de mudas com aplicação de bagana de carnaúba na coroa das plantas.

Nas subparcelas T2 e T3 foram plantadas quatro linhas com 10 mudas de espécies arbóreas nativas da Caatinga, distribuídas em espaçamento de 2 m x 2 m e de forma aleatória em cada linha. As espécies plantadas foram: *Myracrodruon urundeuva* Allemão, *Tabebuia aurea* (Mart.). Bureau, *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W.Jobson, *Cenostigma bracteosum* (Tul.) L.P.Queiroz, *Amburana cearensis* (Allemão) A.C.Sm, *Pseudobombax marginatum* (A.St.-Hil., Juss. & Cambess.) A.Robyns, *Hymenaea courbaril*, *Piptadenia stipulacea* (Benth.), *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir, *Cereus jamacaru* DC, *Erythrina velutina* Willd. , *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill, *Mimosa caesalpiniifolia* Benth, *Parkinsonia aculeata* L., *Spondias tuberosa* Arruda, *Mimosa sp.* As covas (30 cm x 30 cm x 30 cm) receberam 1,5 L de composto orgânico e 1 L de hidrogel.

Foram realizadas avaliações biométricas das plantas ao longo do período compreendido entre o plantio e a ultima avaliação. Elas foram feitas em duas ocasiões anuais, sendo uma no final da estação seca e outra no final da estação chuvosa. As variáveis mensuradas foram: altura total (AT) e área de copa (AC), utilizando vara telescópica graduada. A partir desses dados foram calculadas a taxa de crescimento mensal (TCM) e a taxa de sobrevivência das plantas (TS) por meio das equações abaixo:

$$\text{TCM} = \left(\frac{Altura\ média\ final - Altura\ média\ inicial}{Nº\ de\ dias\ final - Nº\ dias\ da\ primeira\ medição}\right) \times 30 \qquad (1)$$

$$\text{TS} = 100 - \left[\left(\frac{N^o de\ mudas\ mortas}{N^o de\ mudas\ plantadas}\right) \times 100\right] \qquad (2)$$

Foram realizadas duas medidas da copa das plantas, sendo uma na posição norte-sul e a outra na posição leste-o este (D1 e D2) e para o cálculo da área de copa (AC) foi utilizada a fórmula da área da elipse:

$$AC = \pi * \left(\frac{D1}{100}\right) * \left(\frac{D2}{100}\right)/2 \qquad (3)$$

Os valores médios referentes à AT (cm), AC (m²), TCM (cm/mês) e TS (%) obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). A significância entre os níveis dos fatores solo superficial, uso de bagana de carnaúba e da interação entre eles foram verificadas por meio do teste F da ANOVA a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas no programa R (Development Core Team, 2014).

Resultados e Discussão

A adição de *topsoil* ou o uso de *mulching* com bagana de carnaúba não interferiram significativamente na sobrevivência das 16 espécies introduzidas, as quais apresentaram taxa de sobrevivência acima de 95% (Tabela 1). No entanto, ambos os fatores testados afetaram significativamente o crescimento das plantas. As maiores médias de altura total (AT) e de taxa de crescimento em altura (TCA) foram observadas nos tratamentos que combinaram a aplicação de *topsoil* e *mulching*. Na ausência de *topsoil*, o *mulching* não apresentou efeito sobre a TCA ou foi ligeiramente inferior ao tratamento controle, quando considerada a AT (Tabela 1). A área de copa das árvores não diferiu entre os tratamentos no nível de significância avaliado ($p<0,05$), apesar da superioridade numérica dessa variável em favor de plantas que receberam *mulching*.

Tabela 1. Valores médios gerais referentes à altura total (AT), taxa de crescimento mensal em altura (TCA), área da copa (AC) e taxa de sobrevivência (TS) de 16 espécies arbóreas nativas da Caatinga plantadas em áreas com e sem *topsoil* (TOP) e com e sem *mulching* de bagana de carnaúba (BAG).

	AT (cm)		TCA (cm)		AC (m²)		TS (%)	
	Com BAG	**Sem BAG**	**Com BAG**	**Sem BAG**	**Com BAG**	**Sem BAG**	**Com BAG**	**Sem BAG**
Com TOP	137 Aa	100 Ba	1.27 Aa	0.93 Ba	3.38Aa	2.53Aa	97.3 Aa	94.9 Aa
Sem TOP	101 Ab	112 Aa	1.04Ab	0.93 Aa	3.34Aa	2.57Aa	97.4 Aa	97.4 Aa

Duas médias seguidas de letras maiúsculas na linha comparam os níveis de bagana de carnaúba para cada combinação entre os níveis de solo superficial. Duas médias seguidas de letras minúsculas na coluna comparam os níveis de topsoil para cada combinação de bagana de carnúba. Letras distintas diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

No que se refere à taxa de sobrevivência os resultados aqui encontrados contrastam com os observados na recuperação de áreas degradadas em regiões úmidas do Brasil, cuja adição de solo superficial sobre substratos desprovidos de matéria orgânica e pobres em nutrientes normalmente leva a uma grande melhora das condições de crescimento e

sobrevivência das espécies vegetais introduzidas (SALOMÃO et al. 2007). Não obstante, há de se destacar que em regiões úmidas os solos apresentam maior nível de intemperismo e, portanto, menor saturação por bases (V) e fertilidade comparada aos solos de regiões secas como a Caatinga (SILVA et al., 2009; LIMA et al., 2015).

Lima et al. (2015), avaliando o estabelecimento (crescimento e sobrevivência) de 10 espécies de leguminosas nodulantes (inoculadas com FMA e rizóbios) com 10 espécies não-nodulantes (inoculadas apenas com FMA) plantadas em jazidas de piçarra com e sem a aplicação de *topsoil* e adubação orgânica, observaram que a adição de topsoil reduziu a taxa de sobrevivência das espécies arbóreas de 85% no tratamento sem *topsoil* para 71% no com *topsoil*. O efeito negativo da aplicação do solo superficial sobre a taxa de sobrevivência e crescimento foi mais pronunciado nas espécies não-nodulantes do que nas nodulantes. Os autores sugeriram que o efeito negativo do *topsoil* ocorreu devido ao intenso crescimento de vegetação herbácea nesses tratamentos, fato que pode ter amplificado a competição por água.

Não obstante, os resultados aqui apresentados corroboram com vários outros estudos que indicam que o uso do solo superficial pode promover o crescimento de espécies nativas em áreas de restauração florestal (Rivera et al., 2012). O melhor desempenho dos tratamentos oriundos da aplicação de *topsoil* e de *mulching* com bagana de carnaúba pode ter decorrido de melhorias promovidas pelo *topsoil* nas condições químicas e físicas do solo e da melhor conservação de água e controle da competição por esse recurso contra os indivíduos do estrato herbáceo regenerados a partir do banco de sementes do *topsoil*.

Considerando as espécies individualmente, aquelas que apresentaram os maiores valores para TCA em ordem decrescente foram *P. stipulacea, M. tenuiflora, Mimosa sp e M. caesalpiniifolia.* Os menores valores de TCA ocorreram em *H. coubaril, C. jamacaru, P. moniliformes e P. marginatum*. Dentre as espécies citadas com maior taxa de crescimento todas são espécies arbóreas da família Leguminosae com capacidade de fixar nitrogênio em simbiose com rizóbios. Ao contrário, dentre as de crescimento lento, a maioria pertence a outras famílias botânicas, à exceção de *P. moniliformes*, espécie conhecida por apresentar crescimento lento quando propagada a partir de sementes.

A boa adaptação e rápido crescimento em áreas degradadas de várias leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio é bem descrito na literatura (Chaer et al., 2011). Por exemplo, em estudo realizado por Lima et al (2015) em jazidas de piçarra na mesma região, a sobrevivência e crescimento de 10 leguminosas arbóreas nodulantes foi bastante superior ao de 10 outras espécies não-nodulantes.

A taxa de sobrevivência para cada espécie separadamente variou de 82% a 100%. As espécies com menores valores para essa variável foram: *P. marginatum* (82%), *P. moniliformis* (83%) *e S. tuberosa* (90%). Já as espécies que apresentaram 100% de taxa de sobrevivência foram *M. tenuiflora, M. sp, M. caesalpiniifolia, E. velutina, P. aculeata, C. bracteosum, J. molíssima, T. aurea, C. jamacaru.*

Algumas espécies que se destacaram nesse estudo também apresentaram bom desempenho no estudo feito por Lima et al (2015), como as espécies *M. tenuiflora e M. caesalpiniifolia*. Dentre as espécies não-nodulantes, as que mais se destacaram foram: *T. aurea* e *M. urundeuva*.

Conclusões

A deposição de uma camada de *topsoil* de 10 cm de espessura sobre o substrato degradado não interferiu na taxa de sobrevivência das plantas, mas aumentou a média de crescimento em altura das espécies arbóreas nativas introduzidas.

O *mulching* de carnaúba promoveu um maior crescimento das espécies somente em áreas com topsoil.

A combinação do *topsoil* e do *mulching* de carnaúba são estratégias eficientes para melhoria do processo de restauração de áreas degradadas por mineração de piçarra na Caatinga.

Referências Bibliográficas

CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J. M. **Dados climatológicos de Mos-soró:** um município semi-árido nordestino. Mossoró: ESAM, 1991. 121 p. (Coleção Mossoroense, C.30).

CHAER, G.M.; RESENDE, A.S.; CAMPELLO, E.F.C.; DE FARIA, S.M.; BODDEY, R.M. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiology**, v.31, p.139-149, 2011.

LIMA, K. D. R., CHAER, G. M., ROWS, J. R. C., MENDONÇA, V., RESENDE, A. S. Seleção de espécies arbóreas para revegetação de áreas degradadas por mineração de piçarra na caatinga. **Revista Caatinga,** Mossoró, v. 28, n.1, p.203 – 213, 2015.

MUKHOPADHYAY, S.; MAITI, S. K.; MASTO, R. E. Development of mine soil quality index (MSQI) for evaluation of reclamation success: A chronose-quence study. **Ecological Engineering**, Oregon, v. 71, p. 10–20, 2014.

RESENDE A. S. et al. Uso de leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, p. 71-92, 2013.

RIVERA, D.; JÁUREGUI, B. M.; PECO, B. The fate of herbaceous seeds during topsoil stockpiling: Restoration potential of seed banks. **Ecological En-gineering**, Amsterdam, v. 44, p. 94-101, 2012.

SALOMÃO, R.P.; ROSA, N. A.; MORAIS, K.A.C. Dinâmica da regeneração natural de árvores em áreas mineradas na Amazônia. **Boletim do Museu Para-ense Emílio Goeldi, Série Ciências Naturais**, Be-lém, v. 2, n. 2, p. 85-139, 2007.

SILVA, K. A.; MARTINS, S. V.; MIRANDA NETO, A.; CAMPOS, W. H. Semeadura direta com transposição de serapilheira como Metodologia de restauração ecológica, **Revista Árvore**, v.39, n.5, p.811-820, 2015.

SILVA, F. F. **Uso de *topsoil* como fonte de inóculo de microrganismos simbiontes para leguminosas florestais usadas na recuperação de áreas degradadas na Caatinga.** 2018. 73f. Dissertação (Mestrado Ciências Ambientais e Florestais) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2018.