

**ADUBAÇÃO VERDE COM *Crotalaria juncea* E *Mucuna nivea* NA
RECUPERAÇÃO DE SOLOS ARENOSOS DEGRADADOS POR MINERAÇÃO
DE AREIA**

Willyan Soares Cunha
Universidade Federal do Amazonas
willyan.ufam@gmail.com

Hedinaldo Narciso Lima
Universidade Federal do Amazonas
hedinaldo@ufam.edu.br

RESUMO

Nas áreas de Campinaranas, os impactos da mineração são ainda mais preocupantes por se tratar de ecossistemas frágeis e extremamente pobres em nutrientes para os quais não se conhece uma técnica eficaz e suficiente de recuperação. O cultivo de adubos verdes, principalmente leguminosas fixadoras de nitrogênio, promove melhorias nos ambientes degradados como a incorporação de matéria, cobertura do solo, provocando a redução da temperatura da camada superficial do solo, aumento da atividade microbiana e criando as condições mínimas necessárias para o cultivo de espécies nativas e a restauração do ecossistema. O objetivo foi selecionar espécies de adubos verdes para a recuperação de solos arenosos degradados por mineração de areia. O ensaio foi conduzido em casa de vegetação em cinco níveis de adubação e cinco repetições em um esquema fatorial 5x2, inteiramente casualizado. Cada repetição consistiu de um vaso com capacidade para 5 litros e 3 plantas. Foram avaliadas a variável massa seca da parte aérea, raiz e massa seca total. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância através do programa RStudio. A *Mucuna nivea* obteve os melhores resultados na produção de massa seca total, sendo o T3 o melhor tratamento para adubação verde.

Palavras-Chave: Fixação de nitrogênio; Leguminosas; Campinarana.



1. INTRODUÇÃO

A mineração provoca impactos ambientais indesejáveis, como o desmatamento e erosão (Sintoni et al., 2003), destruição de bancos genéticos e degradação dos solos (Longo et al., 2005), alteração da calha original dos cursos d'água, depreciação da qualidade do solo (Lelles et al., 2005), destruição de mata ciliar, poluição das águas e dos solos (Annibelli e Souza Filho, 2006), perda de habitats e extinção de espécies endêmicas (Ferreira et al., 2013), além de outros impactos específicos que cumulativamente podem provocar impactos gerais sobre a fauna e a flora (Sintoni et al., 2003).

As técnicas de recuperação comuns, como o plantio de mudas de espécies nativas e o uso de "topsoil", não têm se mostrado eficazes devido à degradação severa do solo, conforme observado por Silva (2005) e Oliveira (2020). A recuperação bem-sucedida depende das propriedades físicas, químicas e mineralógicas do solo. Em muitos casos, o solo se torna uma matriz mineral empobrecida, com pouca matéria orgânica e nutrientes.

O cultivo de adubos verdes, especialmente leguminosas fixadoras de nitrogênio, pode melhorar os solos degradados, incorporando matéria orgânica, reduzindo a temperatura do solo e aumentando a atividade microbiana. No entanto, faltam estudos científicos sobre a recuperação de solos degradados pela mineração de areia e a vegetação típica desses ecossistemas. Portanto, este estudo tem como objetivo avaliar o desenvolvimento e duas espécies de leguminosas, *Crotalaria juncea* e *Mucuna nivea*, como adubos verdes, para recuperar solos arenosos degradados pela mineração de areia e criar condições para a restauração da vegetação original.

2. OBJETIVO GERAL

Selecionar espécies de adubos verdes para a recuperação de solos arenosos degradados por mineração de areia.

3. METODOLOGIA

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Faculdade de Ciências Agrárias. Para tanto, foi coletado solo/matriz mineral peneirado de áreas mineradas próximas a Manaus-AM. O material precisou ser submetido a análises químicas e granulometria, visando a determinação da concentração de P disponível; Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis; H+Al em solução 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0 de acetato de cálcio; pH em água e em KCl 1mol L⁻¹ e carbono orgânico total; e composição granulométrica.

O resultado da análise de solo permite caracterizar o piso de lavra da Campinarana que passou pelo processo de mineração de areia. O resultado da análise indica um solo pobre, com baixa disponibilidade de P, K e vários outros elementos. Os valores encontrados foram inferiores aos da recomendação de calagem e adubação para o estado do Pará ao comparar com os dados da leguminosa feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) (Cravo, 2020).

O estudo esteve conduzido e analisado em um esquema fatorial 5x2, inteiramente casualizado, sendo 5 níveis de adubação e 2 espécies de leguminosas (*Crotalaria juncea* e *Mucuna nivea*). No total foram adquiridos 50 vasos furados com 10 vasos em cada tratamento, sendo 5 para cada espécie e tendo 3 plantas por recipiente, distribuídas nos tratamentos a seguir:

T1 – Testemunha; T2 – Adubação com NPK + correção com calcário dolomítico; T3 – T1 + Sulfato de cálcio; T4 – T1 + topsoil (corresponde a 10 L m⁻²); T5 – T1 + resíduo de açaí compostado (correspondente a 10 L m⁻²).

As sementes foram envolvidas em uma solução açucarada com calcário e inoculante



turfoso *Bradyrhizobium elkanii* BR 2003 para a *Crotalaria juncea* e inoculante turfoso *Bradyrhizobium elkanii* BR 2811 para a *Mucuna nivea*, conforme metodologia de Gonzaga (2002) para inoculação de sementes em leguminosas.

Com relação ao substrato, os vasos de todos os tratamentos foram preenchidos apenas com a areia coletada em uma área de mineração. Estes receberam diferentes adubações, com exceção do T1 (testemunha). Nos 20 vasos do T2 adicionou-se substrato do T1 e 3,8 t ha⁻¹ de calcário dolomítico para correção do solo mais adubação com NPK. Os vasos do T3 receberam sulfato de cálcio e a testemunha. Os recipientes do T4 detinham o T1 mais 150g de topsoil/vaso (3 kg de material para 20 vasos) coletado em uma vegetação de Campinariana. No T3 juntou-se o substrato do T1 com 150 g sulfato de cálcio adquirido no mercado nacional.

Passados 60 dias após a germinação as duas espécies foram colhidas com corte na altura do coleto usando tesoura de poda para separar parte aérea e radicular. Em seguida, as raízes foram separadas do substrato com uma peneira e lavadas em água corrente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela a seguir, o teste de germinação realizado nas bandejas na casa de vegetação para a *C. juncea* e *C. breviflora* mostrou a seguinte porcentagem de plantas germinadas. Somente a *Mucuna nivea* foi semeada diretamente no vaso de 5 L.

Tabela 1: Porcentagem de germinação de *Mucuna nivea*, *Crotalaria juncea* e *Crotalaria breviflora*.

Nº de sementes	Nº de germinação	Espécie de leguminosa	% de germinação
75	75	<i>Mucuna nivea</i>	100,00
60	56	<i>Crotalaria juncea</i>	93,30

Foloni et al. (2006) deixa evidente em seu estudo a eficiência do sistema radicular da *C. juncea* e o compara ao da mucuna-preta por formar bioporos que auxiliam na aeração do solo e infiltração de água. Outro benefício da espécie, segundo Wutke & Arévalo (2006), é o controle de nematóides que formam galhas.

Com relação aos resultados da análise estatística da *M. nivea* e no trabalho de Ávila (2023), observa-se na tabela 2 que o T3 obteve maior valor de massa seca. Os resultados mostram que a mucuna-cinza apresenta elevado potencial na cobertura do solo devido os valores obtidos de massa seca serem superiores ao T1, indicando eficiência no uso de adubação com sulfato de cálcio mais a testemunha no T3 e a eficiência do topsoil no T4.

A *M. nivea* é indicada para a recuperação de áreas degradadas por mineração de areia devido a maior produção de biomassa. Os resultados da tabela 3 demonstram sua eficácia em relação a *C. juncea* que tem os valores inferiores, com exceção do T2 que teve valor abaixo do esperado quando comparado com o valor obtido na testemunha. O fato pode ser explicado por erros no momento da distribuição do adubo no solo que pode ter ficado concentrado em um só ponto e impediu sua plena ação no desenvolvimento do vegetal, já que nos outros tratamentos os valores obtidos foram superiores aos encontrados no T1.

Ao analisar os dados obtidos na tabela 2, nota-se que a massa seca da raiz da *M. nivea* apresentou os melhores resultados. Todos foram maiores que a testemunha. Já para a *C. juncea* o resultado da testemunha deferiu dos outros 4 tratamentos, não sendo encontrado na literatura uma explicação para esse acontecimento no sistema radicular, já que a parte aérea (Tabela 3) evidenciou o oposto.

Tabela 2: Valores de massa seca da raiz sob diferentes tratamentos de adubação verde.

Massa Seca da Raiz		
Grupo	<i>Crotalaria juncea</i>	<i>Mucuna nivea</i>
T1	3,554a	3,706a



T2	2,134ab	6,966a
T3	1,406b	7,782a
T4	2,938ab	5,406a
T5	1,744ab	7,106a

Teste de significância ($p < 0,05$) de ANOVA e Tukey

Tabela 3: Valores de massa seca da parte aérea sob diferentes tratamentos de adubação verde.

Massa Seca da Parte Aérea		
Grupo	<i>Crotalaria juncea</i>	<i>Mucuna nivea</i>
T1	0,636b	9,352b
T2	2,958a	19,164a
T3	3,656a	23,244a
T4	4,300a	24,846a
T5	4,776a	17,506ab

Teste de significância ($p < 0,05$) de ANOVA e Tukey

5. CONCLUSÕES

A *Mucuna nivea* apresentou maior produção de fitomassa total e mostrou-se a melhor opção de adubo verde. Além disso, o T3 obteve os melhores resultados nos tratamentos para *Mucuna nivea* e torna evidente o potencial de 150 g sulfato de cálcio. Para a *Crotalaria juncea* o T4 obteve os melhores resultados, mostrando o potencial dos 150 g de topsoil aplicado.

REFERÊNCIAS

- ANNIBELLI, M.B.; SOUZA FILHO, C.F.M. Mineração de areia e seus impactos sócio- econômicoambientais. In: **Congresso nacional do CONPEDI**. 2006. p. 4205-4217.
- ÁVILA, J.S. et al. Organic maize grown with *Herbaspirillum seropedicae* and *Azospirillum brasilense* associated with green manures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p. 567-574, 2023.
- CRAVO, M. da S. et al. **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. 2020.
- FERREIRA, L.V. et al. A extração ilegal de areia como causa do desaparecimento de campinas e campinaranas no Estado do Pará, Brasil. **Pesquisas, Botânica**, v. 64, p. 157- 173, 2013.
- FOLONI, J.S.S.; LIMA, S.L.; BÜLL, L.T. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p. 49-57, 2006.
- GONZAGA, S. S. **Inoculação de sementes de leguminosas**. 2002.
- LONGO, R.M.; RIBEIRO, A.I.; MELO, W.J. **Caracterização física e química de áreas mineradas pela extração de cassiterita**. *Bragantia*, v. 64, p. 101-107, 2005.
- LELLES, L. C. et al. Perfil ambiental qualitativo da extração de areia em cursosd'água. **Revista Árvore**, v. 29, p. 439-444, 2005.
- OLIVEIRA, J.F. **Monitoramento dos impactos ambientais causados pela extração de areia na Região Metropolitana de Manaus**. Dissertação de Mestrado. PPGCASA. Manaus, Universidade Federal do Amazonas. 97p, 2020.
- SILVA, J.R.C. **Análise dos impactos ambientais ocasionados pela exploração de recursos minerais na área do igarapé do Mariano no Município de Manaus-AM**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geociências/Universidade Federal do Amazonas. Manaus. 139p, 2005.
- SINTONI, A.; TANNO, L.C.; CABRAL JÚNIOR, M. & Del Monte, E. **Importância dos Recursos Minerais**. In: Tanno, L.C. & Sintoni, A. (Coord.). *Mineração & Município: bases para o planejamento e gestão dos recursos minerais*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (Publicações IPT). 177p, 2003.
- WUTKE, E. B.; ARÉVALO, R. A. Adubação verde com leguminosas no rendimento da cana-de-açúcar e no manejo de plantas infestantes. **Boletim Técnico IAC**, 198, 28p. Campinas: Instituto Agrônomo, 2006.

AGRADECIMENTOS

À FAPEAM pelo financiamento da pesquisa por meio da chamada pública nº 001/2020 – FAPESP – FAPEAM – Processo nº 01.02.016301.00273/2021.

À UFAM pela concessão da bolsa durante os 12 meses de pesquisa.