

GERMINAÇÃO E REPICAGEM DE ESPÉCIES DE MANGUEZAL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE LODO DA ETRI – PETROFLEX – MISTURADO AO SUBSTRATO

Freitas¹, Fábio Cardoso de; Santos², Monique Pinheiro; Damasceno³, Patricia; Sá⁴, Paulo Guilherme da Silva.

Introdução

Nas últimas três décadas, o conceito de 'metabolismo industrial' introduzido por Robert U. Ayres (Ehrenfeld, 1997), que descreve os fluxos de materiais e energia como um sistema metabólico, vem sendo aplicado de forma gradual nas plantas industriais brasileiras (Marinho e Kiperstok, 2001), em função tanto das pressões dos setores ambientais quanto da necessidade sentida pelas empresas de se tornarem mais competitivas através da redução de custos operacionais.

O reaproveitamento para fins de cultivo de espécies de manguezal do lodo biológico gerado pelo tratamento (terciário) de resíduos industriais da Petroflex Indústria e Comércio S.A., uma das dez maiores produtoras mundiais de borracha sintética, com capacidade de produção estimada em 364 mil toneladas/ano, é uma alternativa ambientalmente correta para a minimização de resíduos. Os benefícios, econômicos e ambientais, incorporam a redução de ativos de produção e de transporte para fora da empresa e da própria destinação dos resíduos, diminuindo os custos operacionais. Em termos ambientais, temos a redução dos impactos causados pela rota adotada, associada à recuperação de áreas de manguezal utilizando o lodo como adubo orgânico, bem como o atendimento à legislação ambiental e o comprometimento com a contínua minimização das atividades poluidoras.

Metodologia

1. Delineamento experimental

Foram empregadas no experimento duas espécies de manguezal (*Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa*) submetidas a três diferentes concentrações de lodo biológico prensado da Estação de Tratamento de Efluentes Industriais (ETRI) da Petroflex S.A.,

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro / Petroflex S.A.

² Escola Nacional de Ciências Estatísticas - ENCE.

³ Escola Nacional de Ciências Estatísticas - ENCE

⁴ Escola Nacional de Saúde Pública - FIOCRUZ / Petroflex S.A.

além de um controle (branco), com oito repetições de sete plântulas sorteadas inteiramente ao acaso (para *Avicennia schaueriana*) e nove repetições de seis plântulas sorteadas inteiramente ao acaso (para *Laguncularia racemosa*), com o objetivo de realizar uma análise quantitativa do potencial de germinação e da biometria linear das espécies.

Os propágulos de *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa* foram coletados no entorno da Baía de Guanabara, principalmente na área de propriedade da Petroflex, onde foram identificadas e catalogadas diversas matrizes. Os propágulos foram selecionados durante os trabalhos de coleta e passaram por duas novas seleções no viveiro de mudas - a primeira no momento da preparação para o plantio, quando os propágulos foram mantidos mergulhados em água durante 24 horas para hidratação, a fim de facilitar a germinação, e a segunda no momento do plantio, sendo descartados os propágulos que sofreram predação ou infestação por fungos e larvas. As sementeiras utilizadas foram *palettes* de madeira com dimensões de 1,5 x 1,0 x 0,1 metro, sendo divididas em 4 seções. Formulou-se uma composição de substrato contendo matéria orgânica, mineral e material inerte (areia), com adição crescente de lodo cru da ETRI, nas proporções de 10, 20 e 30% do volume total (tabela 01). O plantio foi realizado manualmente, em linhas, com espaçamento de 7 centímetros (foto 1), recebendo duas regas diárias no início da manhã e no final da tarde utilizando água industrial. O experimento durou dez semanas.

Tabela 01. Formulação do composto experimental.

Compostos	Tratamento 1 (%)	Tratamento 2 (%)	Tratamento 3 (%)	Tratamento 4 (%)
Lodo da ETRI	0	10	20	30
Barro	25	20	15	10
Areia	25	20	15	10
Sedimento de mangue	25	25	25	25
Adubo curtido	25	25	25	25

Para cada tratamento, foi acrescentado um volume equivalente a 10% de maravalha.

Características do lodo e do substrato

Visando minimizar os ativos de resíduos sólidos (300 toneladas/mês), foi implantado um sistema de produção de composto em larga escala utilizando como matérias-primas o lodo secundário e terciário da ETRI e os resíduos vegetais de todas as atividades de paisagismo existentes na Petroflex.

Os resultados das primeiras análises do composto foram satisfatórios; sua utilização como matéria-prima possibilitaria uma economia em relação a calagens e adubações, uma vez que o pH encontra-se dentro dos parâmetros desejáveis, assim como a concentração de Al, que é fator limitante ao crescimento radicular e extremamente tóxico para as plantas. A alta concentração de M.O. e C total só vem ratificar a origem do composto (lodo e massa verde).

Tabela 02. Caracterização agrônômica do composto biológico presente no substrato

Elementos	Resultados
PH	6,5
Al (cmol _c /dm ³)	0,0
Ca + Mg (cmol _c /dm ³)	13,4
Ca (cmol _c /dm ³)	13
Mg (cmol _c /dm ³)	0,4
P (mg/dm ³)	700
K (mg/dm ³)	1806
M.O. (g/kg)	244,04
C (g/kg)	141,56
N (%)	0,56
Mn (mg/dm ³) *	49,1
Fe (mg/dm ³) *	167
Zn (mg/dm ³) *	28,9
Cu (mg/dm ³) *	225

* Elementos disponíveis

Análises realizadas pela EMBRAPA - Agrobiologia / RJ em 16/10/2002.



Foto 01. Método de germinação em palette com os 4 tratamentos (*Avicennia schaueriana*)

Tabela 03: Parâmetros físico-químicos, concentração de compostos orgânicos e metais no lodo da ETRI.

Parâmetros	Resultados	NBR 10.004	Método	Unidade
pH	5,1	-	Massa bruta	-
Sólidos totais	83,3	-	Massa bruta	%
Sólidos voláteis	13,4	-	Massa bruta	%
Umidade	16,7	-	Massa bruta	%
Matéria orgânica	8,4	-	Massa bruta	%
Óleos e graxas	0,6	5,0	Massa bruta	%
Fenóis	n.d.	-	Massa bruta	mg/kg
Cianetos	n.d.	1.000	Massa bruta	mg/kg
Acrlonitrila	n.d.	-	Massa bruta	mg/kg
Estireno	0,08	-	Massa bruta	mg/kg
Benzeno	n.d.	20	Massa bruta	mg/kg
Tolueno	n.d.	-	Massa bruta	mg/kg
Etil-Benzeno	n.d.	-	Massa bruta	mg/kg
Cádmio	<0,001	0,5	Lixiviação	mg/L
Chumbo	0,01	0,05	Lixiviação	mg/L
Cromo total	<0,01	0,05	Lixiviação	mg/L
Manganês	0,03	0,1	Solubilização	mg/L
Ferro total	0,5	0,3	Solubilização	mg/L
Cobre	<0,01	1,0	Solubilização	mg/L
Sódio	7,0	200	Solubilização	mg/L
Alumínio	<0,04	0,2	Solubilização	mg/L
Zinco	<0,1	5,0	Solubilização	mg/L
Cloretos	35	250	Solubilização	mg/L
Fluoretos	0,4	1,5	Lixiviação	mg/L
Cianetos	<0,05	0,1	Solubilização	mg/L
Nitratos	<0,05	10	Solubilização	mg/L
Fenóis	<0,001	0,001	Solubilização	mg/L
Dureza	40	500	Solubilização	mg/L
Sulfatos	22	400	Solubilização	mg/L
Surfactantes (MBAS)	<0,2	0,2	Solubilização	mg/L

* Análises realizadas pela Hidroquímica Engenharia e Laboratórios Ltda., em 25/02/2002.

O ensaio de solubilização foi realizado conforme a norma NBR 10.004. Para a análise de metais, a abertura da amostra foi feita por digestão ácida (ácido nítrico, peróxido de hidrogênio e ácido clorídrico). Os resultados das análises na massa bruta e amostra lixiviada não apresentaram valores acima do limite estabelecido pela NBR 10.004. Entretanto, a amostra solubilizada para o ferro apresentou valores acima do estabelecido pela norma. Deste modo, em relação aos parâmetros analisados, o lodo foi classificado

como resíduo de Classe II (não inerte), podendo ser utilizado para a composição de adubo orgânico, desde que este não tenha como finalidade a produção de alimentos para consumo humano, sem que antes se comprovem as características atóxicas do composto através de testes experimentais para esta finalidade.

Fatores de acompanhamento e seleção para repicagem

Foi realizada uma avaliação biométrica semanal referente ao crescimento em milímetros por dia e à quantidade de folhas novas por semana, como também a quantificação das perdas. A repicagem foi realizada por meio do transplante das plântulas para sacos plásticos de 15 x 20 centímetros, utilizando o mesmo substrato descrito para a germinação, quando as plântulas apresentavam um tamanho mínimo de dez centímetros e ao menos duas folhas desenvolvidas (foto 02).



Foto 02. Plântulas de *Laguncularia racemosa* após transplante (repicagem).

Ao final das dez semanas, o experimento foi encerrado e as mudas foram transferidas para sacos plásticos com capacidade de oito quilos, preenchidos com um composto curtido por três meses, formulado com 50% de lodo da ETRI e 50% de resíduo orgânico proveniente do setor de jardinagem (foto 03). O acompanhamento do novo experimento

foi feito mensalmente, até que as mudas atingissem uma altura mínima de 1,5 metro para posterior plantio definitivo.



Foto 03. Mudras de *Avicennia schaueriana* cultivadas em lodo cru (30%) após o encerramento do experimento

Conclusões

Estabelecendo a hipótese de que a proporção de lodo adicionada em cada tratamento afeta diretamente o crescimento das mudas, ou seja, adotando a hipótese estatística.

$$\mathbf{H_0: } \alpha_{0\%} = \alpha_{10\%} = \alpha_{20\%} = \alpha_{30\%} = 0$$

$$\mathbf{H_1: } \text{Pelo menos um } \alpha_i \neq 0 \quad i = 1, 2, 3, 4$$

Foi proposto o modelo matemático abaixo,

$$\text{Crescimento} = \mu + \alpha_i + e_{ij}$$

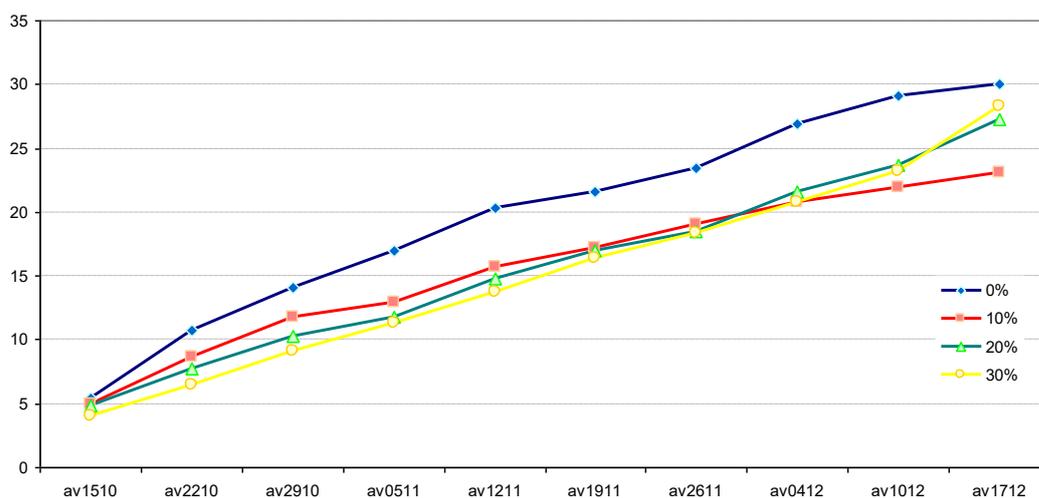
Onde μ é a média de crescimento e α_i é o efeito devido à aplicação do lodo.

Com um nível de significância de 5% tem-se F tabelado = $F(0, 05, 3, 220) = 2.60$; de acordo com os dados da análise de variância (ANOVA), temos para cada data as seguintes conclusões:

Na segunda semana de condução do experimento já se observam diferenças entre os tratamentos com *Avicennia schaueriana*. Estas diferenças se mantêm até a última semana de tratamento, quando não se observam mais desigualdades. Os resultados do teste F para *Avicennia schaueriana* sugerem que as características fisiológicas desta espécie, sobretudo na eficiência de absorção, de assimilação e de utilização de nutrientes sejam menores que as de *Laguncularia racemosa*.

Através dos resultados do teste Duncan, o qual compara as médias de crescimento para encontrar a que difere significativamente das outras, sugere-se que *Avicennia schaueriana* tem um melhor desenvolvimento em altura quando é aplicado o tratamento de 0% de lodo, sendo que na primeira e na última semana não ocorreu diferença significativa.

Gráfico 1: Média de crescimento de *Avicennia schaueriana*

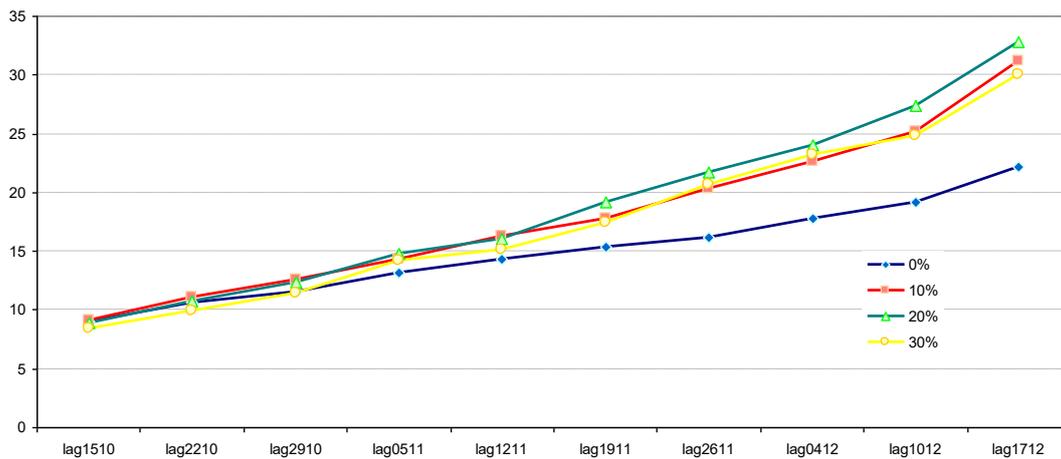


Laguncularia racemosa, por sua vez, apresenta um comportamento diferenciado com base na análise dos resultados do teste F . Somente a partir da quinta semana se observam diferenças entre os tratamentos, e essas diferenças se mantêm até o final do

experimento. As características da espécie seriam responsáveis por essa melhor resposta, já que foram submetidas às mesmas condições e substrato.

O teste Duncan sugere que o melhor resultado no seu desenvolvimento em altura é atingido quando são aplicados os tratamentos de 10%, 20% e 30% de lodo, pois estes não diferem significativamente entre si, mas diferem significativamente do tratamento com 0% de lodo, o qual possui a menor média de crescimento.

Gráfico 2: Média de crescimento de *Laguncularia racemosa*



Dentre os elementos requeridos pelas células vegetais, depois do C, O e H, obtidos pela fotossíntese e absorção de água, o N é aquele requerido em maior quantidade, representando de 1,35 a 6,0% do peso seco do vegetal (MARSCHNER, 1995). A eficiência de utilização de N, que é a produtividade alcançada por unidade de fertilizante aplicado, é determinada por algumas variáveis: absorção de nitrato ou amônia, atividade da redutase do nitrato, tamanho do pool de estoque de nitrato, habilidade de mobilizar e translocar N para os órgãos colhíveis e adaptação à baixa disponibilidade de N no meio (DUNCAN & BALIGAR, 1990).

O que se observou no campo experimental sugere que houve, a partir da metade do tempo previsto para o encerramento do experimento, uma absorção mais eficiente de nitrogênio em *Laguncularia racemosa*. É clara a melhor adaptação desta espécie em relação a *Avicennia schaueriana*, principalmente naqueles tratamentos onde o crescimento foi proporcional à adição do lodo, mesmo que entre esses tratamentos a diferença não seja significativa como comprova o estudo estatístico aplicado.

O metabolismo de carbono e nitrogênio em *Laguncularia racemosa* é bem mais eficiente, e isso parece ser ainda mais evidente se levarmos em conta exatamente a que tempo se deu o crescimento na condução do estudo, já que este ocorreu na quinta semana (cerca

de 35 dias após a repicagem), o que insinua ter ocorrido um tempo hábil para a cura do composto utilizado, ou seja, a degradação completa das bactérias que disponibilizaram o nitrogênio sob a forma de nitrato para uma possível absorção radicular das espécies. Desta forma houve um aumento substancial na disponibilidade de nutrientes para ambas as espécies propostas. Estudos posteriores em fisiologia vegetal poderão comprovar as hipóteses levantadas. Como a quantidade de nutrientes afeta o conteúdo de fitormônios e crescimento dos tecidos (MARSCHNER, 1995), e de uma forma geral os vegetais, sob condições de alto suprimento de N, diminuem o crescimento radicular, favorecendo o crescimento da parte aérea (KRAMER & BOYER, 1995), fica perceptível uma melhor absorção, assimilação, transporte e utilização dos nutrientes contidos no substrato por *Laguncularia racemosa* que por *Avicennia schaueriana*.

Referências bibliográficas

- EHRENFELD, J. R. **Industrial ecology: a framework for product and process design** [s.l.], J. Cleaner Prod., v.5, n. 1-2, p. 87-95, 1997.
- MARINHO, M; KIPERSTOK, A. 2001. Ecologia industrial e prevenção da poluição: uma contribuição ao debate regional. **Bahia Análise - Dados**. Volume 10, número 04. pp. 271-279.
- PIMENTEL, CARLOS, 1995. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Seropédica: Edur, 1998. [9], 150 p.: il.
- MARSCHNER, H. 1995. **Mineral nutrition of higher plants**. Academic Press, San Diego.
- DUNCAN, R. R.; BALIGAR, V. C. 1990. Genetic and physiological basis of nutrient uptake and use efficiency: an overview. In: **Crops as enhancers of nutrient use**. DUNCAN, R. R.; BALIGAR, V. C. (eds.). Academic Press, San Diego, pp. 3-38.
- KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. 1995. **Water relations of plants and soils**. Academic Press, San Diego.