



Nº 28, abr./98, p.1-7

DESENVOLVIMENTO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM SISTEMA DE ALLEY CROPPING, EM SOLOS DEGRADADOS PELA MINERAÇÃO DE XISTO PIROBETUMINOSO, EM SÃO MATEUS DO SUL, PR

Marcos Fernando Gluck Rachwal*
Gustavo Ribas Curcio*
Renato Antonio Dedecek*
Luciano Javier Montoya*
Daniele Janaina Westphalen**

A mineração para o aproveitamento do xisto pirobetuminoso, no município de São Mateus do Sul, PR, como alternativa energética fóssil em substituição ao petróleo, tem implicado no rompimento do equilíbrio ambiental. Tal processo, em função da remoção da cobertura vegetal e intensa movimentação do solo, altera sensivelmente suas propriedades físicas, químicas e biológicas.

Ciente dos impactos negativos das atividades de mineração, a sociedade, em geral, questiona a falta de medidas e de alternativas para uma recuperação efetiva, tanto ambiental como social e econômica.

A Petrobrás, através da Superintendência da Industrialização do Xisto, juntamente com o Centro Nacional de Pesquisa de Florestas da *Embrapa*, tem investido em pesquisa sobre a recuperação dos solos degradados pelo processo de mineração. Neste sentido, este trabalho objetivou testar a capacidade de adaptação de leguminosas arbóreas de rápido crescimento, em solos degradados pela mineração de xisto, bem como o seu potencial em produzir massa verde, visando melhorias no solo, através da adição da massa podada.

O trabalho foi desenvolvido na área de mineração da Petrobrás, em solo recomposto. O solo foi reconstituído com a colocação, de baixo para cima, do xisto retornado (após extração do óleo), horizonte C e mistura de horizontes A e B do solo original. Sobre este solo recomposto, foram plantadas em fevereiro de 1993, as seguintes espécies: timbaúva - *Enterolobium contortisiliquum* (Vellozo)

* Eng.-Agrônomos, Mestres, CREA nºs 12014/D, 12563-D, 06922/D e 7139/D, respectivamente, Pesquisadores da *Embrapa* – Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

** Estudante do Curso de Agronomia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC.

Morong, leucena- *Leucaena leucocephalla* (Lam.) de Wit., acácia-marítima - *Acacia longifolia* (Andr.) Wildenow, tipuana - *Tipuana tipu* (Benth) e maricá - *Mimosa bimucronata* (De Candolle) Otto Kuntze. As sementes do maricá são provenientes de Santa Helena, PR, fonte esta que apresenta tolerância às geadas.

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com 3 repetições. Cada parcela foi constituída por duas linhas de 10,5 m de comprimento, espaçadas 6 m entre elas. Em cada linha, foram plantadas 21 mudas no espaçamento de 0,50 m, totalizando 42 plantas/parcela numa área de 132 m². Entre blocos, foi mantida uma distância de 6m, e entre as parcelas uma distância de 3 m. A área total do experimento foi 3.312 m².

Para a avaliar o potencial das espécies ao enriquecimento do solo, foram medidas a sobrevivência, altura e produção de massa verde. Além disto, observou-se a capacidade de rebrota após a poda e o comportamento das espécies frente às geadas.

Em abril de 1994, 1995 e 1996, foram medidas a altura e sobrevivência das espécies. A poda para obtenção de massa verde deu-se em junho de 1995 e em junho de 96. A massa verde foi triturada no campo, em um triturador acoplado ao terceiro eixo de um trator, pesada e espalhada sobre a superfície do solo, dentro de cada parcela.

A determinação do peso seco da massa verde foi efetuada através da coleta aleatória de três amostras em cada tratamento. Este material coletado foi transportado para o laboratório, onde foi seco em estufa (65°C) e pesado. As análises estatísticas foram realizadas através do programa Statgraphics, onde os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias através do teste de Tukey.

Para a caracterização química, granulométrica e físico-hídrica dos solos reconstituídos das parcelas, foram coletadas amostras nas profundidades de 0 a 10 cm , 10 a 20 cm e 20 cm a 30 cm, antes da implantação das leguminosas. Tais amostras foram analisadas segundo metodologia recomendada pela EMBRAPA (1979).

A avaliação das características químicas e físico-hídricas dos solos recompostos demonstram haver homogeneidade na quase totalidade das médias (Tabelas 1 e 2), entre os solos sob as espécies estudadas.

Os valores de pH, bastante baixos, oscilando entre 3,85 e 4,60, e a alta saturação com alumínio trocável (predominantemente superior a 60%), refletem a condição de acidez elevada dos solos (Tabela 1). As características físicas (Tabela 2) também são desfavoráveis, em função da maneira como o solo foi reconstituído, através do uso de maquinaria pesada. Embora a densidade não seja limitante, a macroporosidade é muito pequena, sendo a microporosidade muito grande, em prejuízo da aeração do solo. Percebe-se, assim, que o solo em questão oferece uma condição adversa ao desenvolvimento das árvores.

Granulometricamente, os solos das parcelas sob todos os tratamentos mostraram-se também homogêneos, com textura muito argilosa e teores de areia, silte e argila variando, em média, de 5 a 6%, 25 a 31% e de 63 a 70%, respectivamente, nas três profundidades amostradas.

A altura média e a porcentagem de sobrevivência das espécies estudadas encontram-se nas Tabelas 3 e 4, respectivamente, tendo sido obtidas com idade de 14 meses (1994), com 26 meses (1995) e com 38 meses (1996).

Aos 14 meses, a acácia-marítima e o maricá tiveram as maiores alturas, enquanto a timbaúva e tipuana tiveram crescimento menor que aquelas. A leucena, que sofreu severamente com a geada, apresentou porte desprezível, não tendo sua altura determinada.

Aos 26 meses, o maricá obteve significativamente a maior altura, sendo seguido pela acácia-marítima. A leucena, timbaúva e tipuana apresentaram o mesmo comportamento do ano anterior (Tabela 3).

Finalmente, aos 38 meses, a acácia-marítima teve um incremento de altura significativo, tendo sobrepujado o maricá. A leucena continuou em último lugar, em termos de crescimento.

Em relação à sobrevivência, aos 14 meses, todas as espécies (com exceção da leucena) mostraram altos índices, com valores máximos atingidos pelo maricá e tipuana (Tabela 4). Aos 26 meses, o maricá, tipuana e timbaúva apresentaram estatisticamente a melhor sobrevivência. A timbaúva e tipuana obtiveram maiores índices de sobrevivência que a acácia marítima, a qual teve redução considerável, em comparação ao ano de 1994. Ao fim do terceiro ano, o maricá apresentou a maior sobrevivência, atestando sua rusticidade, enquanto a leucena teve o pior resultado (44%), possivelmente por ser muito suscetível às geadas, as quais foram freqüentes.

TABELA 1. Características químicas médias dos solos recompostos, por profundidade de solo e espécie.

Trat.	Prof.	pH	Al	Ca	Mg	K	CTC	S	V	m	C	P	Mn	Zn
	cm	cmol _c /kg						%			ug/g			
Tipuana	0-10	4.14	4.87	1.27	0.97	0.23	14.7	2.47	16.8	66.3	2.52	0.7	37	15
Timbaúva		4.05	5.43	1.17	1.01	0.25	17.7	2.45	14.1	69.0	2.69	1.0	39	9
Maricá		4.05	5.77	0.82	0.75	0.19	15.9	1.77	11.2	76.4	2.58	0.0	25	9
Acácia		4.12	6.07	1.07	1.05	0.22	15.6	2.35	14.8	73.0	2.52	1.0	91	18
Leucena		4.10	4.60	1.25	0.58	0.21	15.9	2.06	12.5	70.1	2.74	0.7	41	21
Tipuana	0-20	4.12	4.03	0.73	0.83	0.27	13.5	1.84	13.6	69.0	2.59	0.0	49	12
Timbaúva		4.15	4.72	1.75	1.37	0.30	17.0	2.44	20.2	58.1	2.81	1.0	70	17
Maricá		4.02	6.10	1.01	0.65	0.23	16.3	1.91	11.8	75.3	1.90	0.7	38	19
Acácia		3.98	6.30	4.00	3.25	0.21	17.0	1.80	10.6	77.3	2.13	1.3	52	14
Leucena		4.20	4.10	1.77	1.55	0.24	16.4	3.59	21.4	56.1	3.05	2.0	80	24
Tipuana	20-30	4.13	3.87	0.83	1.13	0.35	15.1	2.39	15.8	62.2	2.74	0.7	99	14
Timbaúva		4.26	4.03	1.63	1.33	0.26	15.8	3.26	21.5	57.0	2.62	2.0	104	17
Maricá		3.92	6.57	0.95	0.93	0.25	19.7	2.15	10.8	75.2	2.71	0.3	58	15
Acácia		3.85	8.20	1.00	1.60	0.17	19.5	2.82	13.8	75.2	2.08	2.3	53	25
Leucena		4.60	3.27	3.75	2.03	0.23	15.6	6.07	34.9	48.6	2.25	4.3	169	24

CTC- capacidade de troca de cátions; S- soma de bases; V- saturação em bases; m- saturação em alumínio.

TABELA 2. Características físico-hídricas médias dos solos recompostos por profundidade do solo e espécie.

Trat.	Prof cm	Retenção de umidade (kpa)					Densida De do solo g/cm ³	Porosidade				
		-----%-----						Total		Macro		Micro
		6	10	33	100	500		Cal	Sat	Cal	Sat	Cal
Tipuana	0-10	42,1	39,1	36,6	35,3	34,0	1,02	59,0	58,7	17,0	16,7	42,0
Timbaúva		44,1	41,3	40,0	39,0	37,0	1,10	55,7	58,7	11,7	14,7	44,0
Maricá		41,8	38,2	36,0	35,1	33,4	1,07	57,3	59,0	15,3	17,0	42,0
Acácia		44,3	41,6	40,9	39,8	38,6	1,17	54,3	59,0	10,0	14,7	44,3
Leucena		45,6	43,2	40,4	39,1	37,4	1,12	56,0	56,0	10,3	10,3	45,7
Tipuana	10-20	55,1	54,4	53,6	52,5	51,2	1,09	56,3	63,0	1,3	8,0	55,0
Timbaúva		49,8	48,3	47,4	46,8	45,0	1,14	54,3	58,3	4,7	8,7	49,7
Maricá		53,4	53,0	52,2	51,2	49,6	1,15	54,3	58,7	1,3	5,7	53,0
Acácia		54,0	53,0	52,4	51,6	50,5	1,16	54,7	61,3	1,0	7,7	53,7
Leucena		52,2	51,8	51,1	50,4	48,7	1,19	53,0	56,3	1,0	4,3	52,0
Tipuana	20-30	56,3	54,9	54,4	53,0	51,0	1,00	60,0	63,7	4,0	7,7	56,0
Timbaúva		52,9	51,0	49,6	48,6	46,7	1,11	55,7	57,8	2,7	4,7	53,3
Maricá		54,2	53,1	50,8	50,0	47,7	1,13	55,0	59,7	1,0	5,7	54,0
Acácia		52,1	51,0	50,3	49,4	47,2	1,11	56,0	59,3	4,0	7,3	52,0
Leucena		54,9	54,0	53,2	52,2	50,2	1,11	55,7	58,3	1,0	3,7	54,7

CAL - calculada SAT - porosidade determinada com solo saturado com água

TABELA 3. Altura média das espécies aos 14, 26 e 38 meses.

Espécies	Altura (m)		
	14 meses	26 meses	38 meses
Marítima	0.71a	0.94b	2.54a
Maricá	0.68a	1.36a	1.76b
Timbaúva	0.48b	0.44d	1.38c
Tipuana	0.43b	0.70c	1.29c
Leucena	0.00c	0.00e	0.44d

Médias seguidas por letras diferentes são estatisticamente diferentes entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

TABELA 4. Sobrevivência das espécies aos 14, 26 e 38 meses.

Espécies	Sobrevivência (%)		
	14 meses	26 meses	38 meses
Marítima	84b	69bc	63c
Maricá	96 ^a	97a	97a
Timbaúva	83b	83ab	82b
Tipuana	90a	84ab	83b
Leucena	60c	54c	44d

Médias seguidas por letras diferentes são estatisticamente diferentes entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Analisando a variação de sobrevivência, com o passar dos anos, nota-se que a acácia-marítima e a leucena reduziram em, aproximadamente, 20% sua sobrevivência, nestes 3 anos, enquanto a timbaúva e o maricá a mantiveram constante. A tipuana, por sua vez, manteve constante sua taxa de sobrevivência, nos últimos 2 anos.

EMBRAPA (1986) cita que o maricá, com 1 ano de idade, em latossolo roxo, atingiu altura média de 4,18m e 100% de sobrevivência, enquanto a acácia-marítima, aos 4 anos, em cambissolo, no município de Colombo-PR, apresentou altura média de 5,19 m e taxa de sobrevivência de 97,5%. Comparando-se com os dados do presente trabalho, pode-se dizer que as condições adversas do solo recomposto de São Mateus do Sul pouco contribuíram para reduzir a taxa de sobrevivência do maricá, todavia afetando significativamente a sua altura. No caso da acácia-marítima, tais características adversas, associadas ao clima, possivelmente contribuíram para reduzir tanto a altura quanto a sobrevivência de plantas.

A primeira poda para a avaliação da produção de matéria verde foi efetuada em julho de 1995, quando as plantas estavam com 28 meses. Nesta ocasião, apenas a acácia-marítima foi pesada (Tabela 5), pois as outras espécies tinham produzido volume desprezível de massa verde.

As quantidades de matéria verde obtidas na segunda poda, aos 40 meses de idade, mostram que a acácia-marítima destacou-se estatisticamente, tendo sido a única espécie a produzir uma quantidade de massa suficiente para cobrir totalmente a área da parcela, após ter sido triturada e espalhada na superfície do solo, como mulching (Tabela 5). Além disto, sua biomassa mostrou-se facilmente triturável, resultando em material muito homogêneo. O maricá teve produção razoável de massa verde (6.143 kg/ha) a qual, espalhada sobre o solo, cobriu apenas 50% da superfície da parcela. Além disto, a presença de espinhos desestimula o uso do maricá, porque dificulta o trabalho de corte, transporte até o picador e espalhamento sobre o terreno. A timbaúva, a tipuana e a leucena não apresentaram produção de massa satisfatória capaz de cobrir a superfície do solo, em suas parcelas.

Vale a pena ressaltar que a acácia-marítima, embora tenha sobrevivência menor que a do maricá, aos 40 meses, produziu quantidade bem maior de massa, além de não apresentar espinho e ser muito fácil de triturar. Deve-se frisar, ainda, que este volume de massa verde refere-se à produção de apenas um ano, de árvores com idade de 3 anos que estão sendo podadas pela segunda vez. As plantas apresentaram, em campo, grande quantidade de ramificações (4 a 6), bem próximas do solo, o que sem dúvida contribuiu para a produção de massa.

TABELA 5. Produção de massa verde das espécies, aos 28 e 40 meses.

Espécies	Massa verde	
	28 meses	40 meses
	Kg/ha	
Marítima	3.916	11.879 a
Maricá	---	6.143 b
Timbaúva	---	1.923 bc
Tipuana	---	617 bc
Leucena	---	81 c

Médias seguidas por letras diferentes são estatisticamente diferentes entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

A produção de matéria seca da acácia marítima e do maricá foram estatisticamente superiores (Tabela 6). A grande discrepância nas porcentagens de matéria seca deve-se às diferentes proporções entre folhas e galhos apresentadas pelas espécies.

TABELA 6- Produção de massa seca por espécie, aos 40 meses.

Espécies	Matéria seca	
	Kg/ha	%
Marítima	5.821 a	49
Maricá	3.808 a	62
Timbaúva	577 b	30
Tipuana	346 b	56
Leucena	17 b	21

Médias seguidas por letras diferentes são estatisticamente diferentes entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Conclui-se que a acácia-marítima, por ter atingido a maior altura e produzido a maior quantidade de massa verde, além de ser de fácil manuseio e trituração, aceitar poda drástica e tolerar geadas, apesar das taxas de sobrevivência não muito elevadas, foi a que reuniu maior número de características para ser usada nos sistemas de recuperação, em cultivos em faixas, para solos degradados pela mineração de xisto, em São Mateus do Sul. Deve-se, no entanto, tomar precauções para evitar que a espécie torne-se invasora em áreas adjacentes, pois, segundo Pieterse & Cairns (1986) a acácia-marítima apresentou este problema numa região do extremo sul da África.

Nº 28, abr./98, p.7-7

Com relação ao maricá, apesar das altas taxas de sobrevivência e produção relativamente alta de matéria verde, por ser espécie de difícil manuseio devido a presença de muitos espinhos, não é adequado para a recuperação de áreas degradadas, através do sistema de "alley cropping", o qual utiliza podas anuais.

Finalmente, a timbaúva e a tipuana não tiveram resultados expressivos, tanto em altura como em produção de massa verde. A leucena, além de ter apresentado valores baixíssimos nestes dois parâmetros, demonstrou sobrevivência baixa, possivelmente por não ser tolerante a geada. Tais espécies também não são indicadas para "alley cropping" na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (Curitiba, PR). **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná**. Brasília, 1986. 89p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. 1v.

PIETERSE, P. J.; CAIRNS, A.L.P. The effect of fire on na *Acacia longifolia* seed bank in the south-western Cape. **South African Journal of Forestry**. v.52, n.3, p.233-236, 1986.