



## A4-249 Restauração ecológica de um solo decapitado sob intervenção antrópica há 17 anos: propriedades químicas.

Carolina dos Santos Batista Bonini<sup>1</sup>; Gisele Herbst Vazquez<sup>2</sup>; Andrea Cristiane Sanches<sup>3</sup>; Alfredo Bonini Neto<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>UNESP/Dracena, [carolbonini@dracena.unesp.br](mailto:carolbonini@dracena.unesp.br); <sup>2</sup>UNICASTELO/Fernandópolis, [gisele-agro@uol.com.br](mailto:gisele-agro@uol.com.br); <sup>3</sup>IFSP – Campus Votuporanga, [andrea\\_sanches@uol.com.br](mailto:andrea_sanches@uol.com.br); <sup>4</sup>UNESP/Tupã, [bonini@tupa.unesp.br](mailto:bonini@tupa.unesp.br).

### Resumo

O objetivo deste estudo foi investigar as mudanças químicas em um solo decapitado que estava sob intervenção antrópica para recuperação há 17 anos, utilizando-se adubos verdes, calcário, gesso e pastagem. Os tratamentos implantados de 1992 até 1999 foram: Solo mobilizado+vegetação espontânea; Mucuna-preta (MP); Guandu (G) até 1994, substituído por Feijão-de-porco (FP); Calcário+MP; Calcário+Gesso+G até 1994, substituído por FP; Calcário+Gesso+MP; Calcário+Gesso+G até 1994, substituído por FP e as testemunhas Solo exposto (sem técnica de recuperação) e Vegetação nativa de cerrado (com sementes das proximidades). Em 1999 implantou-se a *Brachiaria decumbens* em toda a área, menos nas testemunhas. Em 2011, nas camadas do solo de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m foram estudados: fósforo, cátions trocáveis; N%, pH, matéria orgânica, acidez potencial e saturação por bases (V%). Concluiu-se que os tratamentos foram eficientes no processo de recuperação química do solo até a camada de 0,20 m.

**Palavras-chave:** degradação do solo; área de empréstimo; adubos verdes; gesso; calagem.

**Abstract:** The objective of this study was to investigate the chemical changes in a decapitated soil that has been under human intervention to recover for 17 years, using green manure, limestone, gypsum and pasture. The treatments implanted from 1992 to 1999 were: mobilized soil+spontaneous vegetation; Velvet bean (VB); Pigeonpea (P) until 1994, replaced by Jack bean (JB); Limestone+JB; Limestone+Gypsum+P until 1994, replaced by JB; Limestone+Gypsum+JB; Limestone+Gypsum+P until 1994, replaced by JB and exposed Soil witnesses (no recovery technique) and native cerrado Vegetation (with seeds in the vicinity). In 1999 the *Brachiaria decumbens* was implanted throughout the area, except for the witnesses. In 2011, on the soil layers of 0.00-0.10; 0.10-0.20 and 0.20-0.40 m were studied: phosphorus, exchangeable cations; N%, pH, organic matter, potential acidity and base saturation (V%). It was concluded that the treatments were effective in the chemical recovery process of the soil until the layer of 0.20 m.

**Keywords:** soil degradation; loan area; green manures; gypsum; liming.

### Introdução

A partir da década de 60, com o crescimento populacional e a demanda por maior quantidade de energia, diversas usinas hidrelétricas foram projetadas no Brasil. Nos Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul foi construída a Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, no Rio Paraná (1967 a 1977). Porém, na época, a construção transcorreu sem a adequada preocupação com o nível de degradação ambiental (CESP, 1998).

No entorno da obra de usinas hidrelétricas, devido a retirada de camadas de solo para a construção da parede da barragem, tem-se as chamadas áreas de empréstimo, que se constituem em um ecossistema degradado, pois tiveram eliminado, juntamente com a

vegetação, os seus meios de regeneração bióticos como o banco de sementes e de plântulas, apresentando, portanto, baixa resiliência, isto é, seu retorno ao estado anterior.

Restaurar ecossistemas é a denominação atribuída ao árduo desafio de, por meio de interferências planejadas, reconstruir a estrutura e criar condições para que se restabeleçam também, os processos ecológicos naturais de cada ecossistema. Na recuperação de uma área degradada o grande desafio é o estabelecimento do horizonte A, para que a partir daí, o condicionamento natural se restabeleça, podendo surgir outros horizontes (NOFFS, 2000).

No processo de recuperação, a seleção de espécies constitui passo importante. Espécies de rápido crescimento, como as leguminosas, que desenvolvem simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos, tem-se mostrado as mais promissoras (Alves, 2001). A maioria das técnicas utilizadas para recuperar solos degradados combina práticas mecânicas para romper camadas compactadas, com a adição de matéria orgânica.

Assim, visando recuperar um solo degradado, foram investigadas as mudanças nas propriedades químicas ocorridas em um solo decapitado que estava sob intervenção antrópica há 17 anos, utilizando-se adubos verdes, calcário, gesso e pastagem.

### Metodologia

O experimento foi conduzido em área da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Ilha Solteira/SP, no município de Selvíria/IMS, localizada a 51°22' de longitude oeste e 20°22' de latitude sul, com altitude de 327 m. Apresenta médias anuais de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar de: 1370 mm, 23,5°C e 70-80%, respectivamente (Demattê, 1980) e solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2006), textura franco argilo-arenosa, muito profundo, rico em sesquióxidos.

A construção da usina hidrelétrica de Ilha Solteira/SP foi na década de 60, sendo retirado solo da área em estudo para a terraplanagem e fundação da barragem, dando origem a uma área degradada, denominada de "área de empréstimo". Foi removida uma camada de 8,6 m do perfil do solo original, ficando o subsolo exposto desde 1969 (Alves & Souza, 2008).

No ano de 1992, o subsolo apresentava-se com compactação superficial e baixa presença de vegetação espontânea, sendo então preparado efetuando-se uma subsolagem com a 0,40 m, seguida de uma aração e uma gradagem niveladora. A caracterização química da área foi realizada no momento da instalação do experimento em 1992 (tabela 1).

Foram semeadas em dezembro-janeiro dos anos de 1992 a 1996 manualmente espécies de adubos verdes (mucuna-preta, guandu, aveia-preta e feijão-de-porco) em uma densidade de 10 plantas por metro, com o intuito de melhorar as características químicas do subsolo em estudo e, no início do florescimento, as plantas foram roçadas e deixadas na superfície.

**TABELA 1.** Propriedades químicas do subsolo exposto, análise realizada antes da implantação do experimento, Selvíria/MS, Brasil. 1992.

Camada m	P <sub>resina</sub> mg dm <sup>-3</sup>	M.O. g dm <sup>-3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>	K	Ca	Mg	H+Al mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	SB	CTC	V%
0,00-0,20	1	7,0	4,0	0,2	2,0	1,0	20,0	3,2	23,2	14
0,20-0,40	0	4,0	4,2	0,2	2,0	1,0	20,0	3,2	23,2	14

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com nove tratamentos e quatro repetições e cada parcela possuía 10 m x 10 m. Os tratamentos foram:

1 - SM/B: Solo mobilizado e ocorrência de vegetação espontânea, até 1999, após foi implantada *Brachiaria decumbens*; 2 - MP/B: Mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy) até 1999 após substituída por *B. decumbens*; 3 - G/FP/B: Guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp), até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por *B. decumbens*; 4 - C+MP/B: Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por *B. decumbens*; 5 - C+G/FP/B: Calcário + Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por *B. decumbens*; 6 - C+Ge+MP/B: Calcário + Gesso + Mucuna-preta até 1999 após substituída por *B. decumbens*; 7 - C+Ge+G/FP/B: Calcário + Gesso + Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por *B. decumbens* e, duas testemunhas: 8 - SE: Subsolo exposto (sem técnica de recuperação) e 9 - MA: Vegetação nativa de Cerrado.

Nas parcelas com calcário, a correção do solo foi baseada na caracterização química da área aplicando-se calcário dolomítico com PRNT de 70% para elevar a saturação por bases a 70% (1850 kg de calcário por ha) e, no caso das parcelas com calcário e gesso houve a substituição de 25% de CaO do calcário por 25% do gesso, ambos incorporados no solo. Em 1996 foi realizada novamente a correção nas parcelas com calcário e calcário+gesso nos casos em que a saturação por bases estava inferior a 60% elevando-a para 70% e seguindo o mesmo procedimento do início do experimento.

Os teores de fósforo, potássio, magnésio e cálcio foram determinados pelo método de extração com resina trocadora de íons (Raij & Quaggio, 1983). O teor de matéria orgânica foi determinado pelo método colorimétrico, o pH em CaCl<sub>2</sub> e a acidez potencial (hidrogênio + alumínio) a pH 7,0. A saturação por bases foi calculada (V%) e o teor de nitrogênio do solo foi determinado pela análise elementar (Analisador Elemental Carlo Erba Instruments EA 1108). Em cada parcela foram coletadas amostras em cinco pontos para formar uma composta nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m.

Foi realizada a análise de variância e as médias, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

### Resultados e discussão

Os resultados referentes a fósforo, cátions trocáveis; matéria orgânica, pH, acidez potencial (H+Al), saturação por bases (V%) e nitrogênio (%) estão apresentados na tabela 2.

Para o fósforo, na camada 0,0-0,10 m, o tratamento calcário + guandu/feijão de porco superou os demais e se enquadra no teor médio segundo Raij et al. (1996). Vale ressaltar que não foi realizada adubação fosfatada, o que mostra a eficiência das práticas adotadas.

As combinações de calcário + mucuna preta e calcário + guandu/feijão de porco, além da vegetação nativa, superaram as demais quanto ao teor de potássio na camada 0,0-0,10 m, já na de 0,10-0,20 m, a vegetação foi superior. Sabe-se que as leguminosas aumentam a eficiência de utilização dos adubos, uma vez que trazem às camadas superficiais do solo nutrientes percolados, principalmente K, Ca, Mg e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Alves & Souza, 2008).

**TABELA 2.** Valores médios de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), matéria orgânica (MO), potencial hidrogeniônico (pH), acidez potencial (H+Al), saturação por bases (V%), nitrogênio (%N), teste F e CV (%), para os tratamentos estudados nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Selvíria, MS, 2011.

Tratamentos	P (mg dm <sup>-3</sup> )			K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )			Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )		
	Camada (m)			Camada (m)			Camada (m)		
	0-0,1m	0,1-0,2	0,2-0,4	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4
SM/B	5 b	3	3	0,5 b	0,0 b	0,0	5	4 a	2
MP/B	7 b	3	3	0,6 b	0,0 b	0,3	4	3 b	2
G/FP/B	5 b	3	3	0,8 b	0,0 b	0,0	5	4 a	3
C+MP/B	4 b	3	3	1,0 a	0,0 b	0,0	4	3 b	3
C+G/FP/B	14a	3	3	1,0 a	0,3 b	0,0	5	3 b	3
C+Ge+MP/B	5 b	3	3	0,5 b	0,0 b	0,0	5	4 a	3
C+Ge+G/FP/B	5 b	3	3	0,3 c	0,0 b	0,0	5	4 a	2
VN	4 b	3	3	1,5 a	1,0 a	0,0	4	1 b	1
SE	3 b	3	3	0,8 b	0,3 b	0,0	3	2 b	1
F	3,10*	-	-	2,62*	9,00*	1,00 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>	5,48*	1,72 <sup>ns</sup>
CV (%)	24,3	-	-	19,3	14,4	12,0	28,5	14,3	20,5
Tratamentos	Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )			MO (g dm <sup>-3</sup> )			pH em CaCl2		
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4
SM/B	3	1 b	1	11 b	8 b	8 b	4,6 a	4,8 a	4,7 a
MP/B	3	1 b	1	11 b	9 b	8 b	4,9 a	4,3 b	4,8 a
G/FP/B	3	2 a	2	10 b	8 b	8 b	4,8 a	4,8 a	4,7 a
C+MP/B	3	1 b	2	10 b	9 b	8 b	4,9 a	4,8 a	4,6 a
C+G/FP/B	3	1 b	1	12 b	9 b	8 b	4,2 b	4,5 b	4,8 a
C+Ge+MP/B	4	2 a	2	11 b	10 b	8 b	4,9 a	5,3 a	4,9 a
C+Ge+G/FP/B	4	3 a	1	10 b	9 b	8 b	4,6 a	4,9 a	4,5 a
VN	4	2 a	1	16 a	11 a	11 a	4,3 b	4,0 b	4,0 b
SE	3	1 b	1	10 b	8 b	8 b	5,0 a	5,0 a	4,0 b
F	0,97 <sup>ns</sup>	2,90*	0,70 <sup>ns</sup>	9,31*	3,48*	8,76*	2,88*	5,89*	4,27*
CV (%)	14,6	14,5	13,8	11,6	11,2	9,3	7,2	6,7	6,9
Tratamentos	Acidez potencial (H+Al) (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )			V%			%N		
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4
SM/B	18c	17 c	17 b	32	25 a	16	0,05 b	0,04 b	0,048
MP/B	17c	18 b	17 b	31	19 b	16	0,06 b	0,04 b	0,038
G/FP/B	18c	16 c	17 b	31	29 a	19	0,05 b	0,04 b	0,033
C+MP/B	18c	18 b	17 b	30	20 b	19	0,07 b	0,05 b	0,043
C+G/FP/B	21b	18 b	17 b	27	20 b	17	0,07 b	0,05 b	0,043
C+Ge+MP/B	17c	15 c	16 b	36	31 a	22	0,07 b	0,06 a	0,050
C+Ge+G/FP/B	18c	16 c	17 b	34	27 a	15	0,06 b	0,04 b	0,030
VN	28a	26 a	26 a	26	13 b	9	0,11 a	0,07 a	0,058
SE	16c	16 c	18 b	31	18 b	10	0,02 c	0,02 c	0,018
F	47,6*	58,6*	51,14*	1,08 <sup>ns</sup>	4,22*	2,59 <sup>ns</sup>	8,16*	7,23*	3,41 <sup>ns</sup>
CV (%)	5,7	4,8	4,6	20,0	13,0	16,4	27,0	26,2	32,5

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária; MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-deporco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária; C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-deporco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária; C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-deporco e a partir de 1999 substituído por Braquiária; VN = Vegetação nativa do cerrado; SE = Solo Exposto.

Calcário + mucuna preta e calcário + guandu/feijão de porco, além da vegetação nativa, superaram os demais tratamentos quanto ao teor de K na camada 0,0-0,10 m, já na de 0,10-0,20m, a vegetação nativa foi superior. Sabe-se que as leguminosas proporcionam aumento na eficiência de utilização dos adubos, uma vez que trazem às camadas superficiais do solo nutrientes percolados, principalmente K, Ca, Mg e NO<sub>3</sub> (Alves & Souza, 2008).

Para o cálcio, não houve diferenças na camada superficial e na de 0,10-0,20 m ocorreu um melhor desempenho com solo mobilizado; guandu+feijão de porco; calcário+gesso+mucuna e calcário+gesso+guandu/feijão de porco. Estes resultados divergem de Alves & Souza (2008), que na mesma área, verificaram maiores valores de Ca com mucuna. O teor de cálcio neste trabalho é classificado como médio (4 - 7 mmolc dm<sup>3</sup>) (RAIJ et al., 1997).

Para o magnésio, na camada de 0,10-0,20 m, os tratamentos com guandu feijão de porco; calcário gesso+mucuna; calcário+gesso+guandu/feijão de porco e vegetação nativa apresentaram os maiores teores, sendo notado em relação ao trabalho de Alves & Souza (2008) realizado na mesma área, um incremento no teor do elemento na camada superficial.

Quanto ao teor de matéria orgânica, a vegetação nativa superou os demais tratamentos nas três camadas avaliadas, estando, porém, todos os valores baixos, pois segundo Raij et al. (1996) o teor deveria estar entre 16 a 30 g dm<sup>3</sup>. No entanto, houve um incremento no teor da matéria orgânica quando comparado com Alves & Souza (2008) na mesma área.

De forma geral, nas três camadas estudadas, apesar de baixo, o pH dos diversos tratamentos superaram o da vegetação nativa, visto que os solos de cerrado são ligeiramente ácidos e alguns tratamentos utilizaram calcário, além de todos adicionarem matéria orgânica por meio da braquiária. A acidez potencial também foi maior na vegetação nativa, nas três camadas avaliadas, o que concorda com Kitamura (2007).

Para a saturação por bases (V%), nas camadas 0,0-0,10 e 0,2-0,40 m não houve diferenças entre os tratamentos, na de 0,10-0,20 m, as testemunhas vegetação nativa e solo exposto foram inferiores a solo mobilizado, guandu/feijão de porco; calcário + gesso + mucuna preta e calcário + gesso + guandu/feijão de porco, o que concorda com Kitamura (2007). Já para o N do solo, até 0,20m, todos os tratamentos superaram a testemunha solo exposto, mas foram inferiores a testemunha vegetação nativa. O que concorda com Assis et al. (2006), que também verificaram decréscimo no teor de N do solo em relação à mata nativa.

## **Conclusão**

Todos os tratamentos foram eficientes no processo de recuperação química do solo e atingiram até a camada de 0,20 m.

## **Referências bibliográficas**

- Alves, MC (2001) Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira - SP. 83 f. Tese (Livre Docência em Solos).
- Alves, MC & Souza, ZM (2008) Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 32: 2505-2516
- Assis, CP.; Jucksch, I; Mendonça, ES; Neves, JCL (2006) Carbono e nitrogênio em agregados de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. Pesq. agropec. bras., 41(10), p.1541-50
- CESP - Central Elétrica do Estado de São Paulo (1998) Diretoria de Meio Ambiente Recomposição vegetal. São Paulo: CESP: 11pp.



- Demattê, JL (1980) I. Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira (SP). Piracicaba: 131pp (Mimeogr.)
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos: 306pp
- Kitamura, EM Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2007. 117p. (Tese de Doutorado).
- Noffs, PS (2000) Áreas degradadas. In: Noffs, PS; Galli, LF; Gonçalves, JC Recuperação de áreas degradadas da mata atlântica. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica: 48pp
- Raij, BV & Quaggio, JA (1983) Métodos de análises de solo para fins de fertilidade. Campinas: Instituto Agrônomo, Boletim técnico, 31.
- Raij, BV; Cantarella, H.; Quaggio, JA; Furlani, AMC (Eds.) (1997). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC, pp.30-35 (Boletim técnico, 100).