

# Adbos verdes, planta de cobertura, calagem e gessagem como forma de recuperação de um Latossolo Vermelho degradado

## Green manures, cover crops, lime and gypsum as a means of recovery of degraded soil

ROSA, Poliana A. L. 1; ALVES, Marlene C. 2; de SOUZA, Epitácio J. 3; BONINI, Carolina dos S. B. 4; VIDEIRA, Ligia M. L. 5

Recibido: 16/01/2017 • Aprobado: 12/02/2017

### Conteúdo

- 1. Introdução
  - 2. Material e métodos
  - 3. Resultados e discussão
  - 4. Conclusões
- Referências bibliográficas

#### RESUMO:

Objetivou-se avaliar o grau de recuperação de um solo de cerrado, após 21 anos de intervenções para sua recuperação. O delineamento foi em blocos casualizados com 4 repetições, sendo os tratamentos 3 leguminosas como adubos verdes (durante 7 anos) associadas a aplicação de calcário e gesso, e 14 anos com uma gramínea como planta de cobertura em área total. Os tratamentos para a recuperação do solo mostraram-se eficientes e estão atingindo até a camada de 0,20 m do solo.

**Palavras-chave** degradação do solo, interferência humana, *Urochloa decumbens*, material orgânico.

#### ABSTRACT:

The objective of this study was to evaluate the degree of recovery of a cerrado soil, after 21 years of interventions for its recovery. The experimental design was a randomized complete block design with four replications. The treatments were 3 legumes as green manures (for 7 years) associated to the application of limestone and gypsum, and 14 years with a grass as cover crop in total area. The treatments for soil recovery were efficient and reaching up to the 0.20 m soil layer.

**Key words** soil degradation, human interference, *Urochloa decumbens*, organic material.

## 1. Introdução

A energia elétrica é essencial na vida de qualquer ser humano que habita esse mundo globalizado da atualidade, onde tudo gira em torno da tecnologia, informação e comunicação, e a modernidade depende intensivamente da eletricidade.

No Brasil, a maior parte da energia elétrica consumida tem procedência de empreendimentos hidrelétricos, que respondem por quase 70% de toda a capacidade instalada do país, hoje em cerca de 123.100 megawatts, já que existem atualmente 972 usinas hidrelétricas em funcionamento (ANEEL, 2016), e com o aumento da população, a demanda vai crescer ainda mais nas próximas décadas.

A construção de usinas hidrelétricas geram grandes impactos ambientais, principalmente relativo a área de inundação provocada pelas barragens, e ao enorme volume de solo que é necessário para a construção dessas barragens, e é aí que surgem as áreas de empréstimo. Áreas de empréstimos, assim chamadas, são as áreas de onde foi retirado o solo necessário para a construção da barragem de uma usina hidroelétrica. Após sua retirada, resta uma área degradada, com seu ecossistema interferido e com subsolo exposto altamente compactado, com seus atributos físicos e químicos degradados.

A degradação intensiva dos solos representa um sério risco e prejuízo para as gerações futuras, uma vez que o solo é um dos recursos naturais renováveis mais importantes, pois é responsável pela ciclagem dos nutrientes e sustentabilidade de todos os demais ecossistemas naturais. A degradação desse recurso tão crucial, dito finito é uma das questões mais críticas encontradas na atualidade (SOUZA, 2004). Estão sendo apresentadas variadas soluções para estas questões, como possíveis indicadores de recuperação. Porém, os efeitos da degradação do solo quase sempre persistem ou se estabelecem novamente. Portanto, nem sempre é possível que um ecossistema degradado regresse à sua condição original, principalmente devido ao estado de degradação a que foi submetido.

Formas inadequadas de utilização do solo, e implantações intensivas de cultivos impróprios têm contribuído para promover alterações na dinâmica dos constituintes do solo, com a degradação dos seus atributos físicos, químicos e biológicos. Esse mau uso do solo vem aumentando cada vez mais as áreas de solos degradados, também devido ao baixo teor de matéria orgânica presente pela remoção de espessas camadas do solo original, que levou a compactação do substrato e de horizontes mais profundos (BONINI, 2012).

Solos degradados têm seus atributos físicos comprometidos e uma causa importante é a compactação, que influencia no desenvolvimento e expansão das raízes das plantas e na atuação da fauna edáfica. Os atributos físicos modificados normalmente são: densidade do solo, porosidade (aeração - oxigênio no solo, infiltração, retenção e armazenamento de água no solo), estabilidade de agregados e o aumento da resistência do solo à penetração de raízes.

Para recuperar solos degradados, é necessário definir indicadores que traduzam quantitativa ou qualitativamente o grau da degradação existente e, ainda, permitam estimar a dimensão dos esforços técnicos e econômicos que deverão ser alocados na recuperação (BITAR, 1997). A interferência humana favorece e acelera o processo de recuperação natural das áreas degradadas (SILVA; CORRÊA, 2008). Uma maneira de intervenção comumente utilizada é a realização do preparo do solo mais adição de matéria orgânica, visando melhorar

sua qualidade.

O uso de culturas destinadas à cobertura do solo é uma estratégia para que haja melhorias na qualidade ambiental, pois protege o solo dos agentes climáticos, mantém ou aumenta o teor de matéria orgânica no solo, mobilizando e reciclando nutrientes, beneficiando a sua atividade biológica e melhorando a estrutura física do solo (PERIN, 2001; DUDA et al., 2003). A implantação do cultivo de plantas leguminosas de rápido crescimento, capazes de formar em curto prazo a cobertura vegetal, tem sido uma prática viável e muito utilizada para recuperar áreas degradadas, pois além de acrescentar matéria orgânica propiciando melhor estruturação do solo, também possui sistema radicular profundo e ramificado que promove a descompactação do mesmo.

No processo de recuperação de áreas degradadas, a introdução de forrageiras também tem sido uma ótima opção para recobrir o solo e acumular matéria orgânica, pois se bem manejada a forrageira pode apresentar alta produção de biomassa e eficiente cobertura do solo, assim, protegendo o mesmo do impacto das gotas de chuva e conseqüentemente da erosão. Além de muitas delas serem plantas rústicas que conseguem adaptar-se a solos secos e de baixa fertilidade, não exigindo condições de áreas muito nobres para o seu cultivo.

Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar o grau de recuperação de um solo degradado de cerrado, após 21 anos de diferentes intervenções para sua recuperação, por meio dos estudos de atributos físicos deste solo, e da produtividade da massa seca da forrageira *Urochloa decumbens*.

## 2. Material e métodos

### 2.1. Localização e delineamento experimental

O trabalho foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira, no município de Selvíria, Mato Grosso do Sul, Brasil. A área está situada entre as coordenadas geográficas de 51° 24' de longitude oeste de Greenwich e 20° 22' de latitude sul, com altitude de 339 metros.

O tipo climático da região é classificado como Aw de acordo com Köppen, com médias anuais de: precipitação 1370 mm, temperatura 23,5 °C e umidade relativa do ar entre 70-80 %. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico (DEMATTÊ, 1980), textura franco argilo-arenosa (302, 172 e 526 g kg<sup>-1</sup> de argila, silte e areia, respectivamente), muito profundo, rico em sesquióxidos. Pela nomenclatura atual do Sistema Brasileiro de Classificação do solo é um Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013) e pela classificação da FAO (2002) é um Ferralsol.

O experimento teve início no ano de 1992, em um subsolo exposto desde 1969 pela remoção de uma camada de solo de 8,6 m de espessura para a terraplanagem e fundação da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, São Paulo, Brasil (ALVES; SOUZA, 2011).

Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados, com sete tratamentos e quatro blocos. Cada tratamento teve área de 100 m<sup>2</sup> (10 x 10 m), e cada bloco espaçamento de 2 m entre si. Foram utilizados os seguintes tratamentos: T1) SM - Solo mobilizado (vegetação espontânea); T2) MP - Semeadura de mucuna-preta – (*Stizolobium aterrium* Piper e Tracy); T3) G/FP - Semeadura de feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) até 1994, após substituído por feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC); T4) C+MP – Aplicação de calcário + semeadura de mucuna-preta; T5) C+G/FP – Aplicação de calcário + semeadura de feijão-guandu até 1994, após substituído por feijão-de-porco; T6) C+Ge+MP – Aplicação de calcário e gesso + semeadura de mucuna-preta; e T7) C+Ge+G/FP – Aplicação de calcário e gesso + semeadura de feijão-guandu até 1994, após substituído por semeadura de feijão-de-porco. Ainda foram utilizadas duas testemunhas nas avaliações: SE- Solo exposto (sem técnica de recuperação) e MA - Vegetação nativa de Cerrado.

### 2.2. Descrição do histórico do trabalho de recuperação nesta área experimental

Em 1992 a área apresentava-se degradada, com alta compactação do solo e baixa presença de vegetação espontânea. Devido a esta elevada compactação, em janeiro desse mesmo ano, realizou-se subsolagem cruzada utilizando uma haste de 0,40 m, seguida de aração e gradagem niveladora. A caracterização físico-química da área foi realizada no momento da instalação do experimento (Tabelas 1 e 2).

A correção do solo foi baseada na sua caracterização química, considerando-se a aplicação de calcário suficiente para elevar a saturação por bases a 70 %. Nos tratamentos em que foi utilizado somente calcário (C+MP; C+G/F) aplicou-se a quantidade de 18,5 kg de calcário por parcela (1850 kg ha<sup>-1</sup>). Nas parcelas que se utilizavam calcário e gesso (T6; T7) realizaram-se a substituição de 25 % do CaO do calcário por 25% de CaO do gesso. Dessa forma, aplicaram-se 13,8 kg de calcário (75%) e 5,2 kg de gesso (25%) por parcela, ou seja, 1380 kg ha<sup>-1</sup> de calcário e 520 kg ha<sup>-1</sup> de gesso. Os corretivos foram incorporados ao solo e foi utilizado calcário dolomítico com PRNT de 70 %.

**Tabela 1.** Atributos químicos do subsolo exposto, determinados antes da implantação do experimento (1992), Selvíria - Mato Grosso do Sul, Brasil.

| Camada    | P resina            | MO                 | pH                | K                      | Ca  | Mg  | H + Al | SB  | CTC  | V  |
|-----------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------------|-----|-----|--------|-----|------|----|
| metros    | mg dm <sup>-3</sup> | g dm <sup>-3</sup> | CaCl <sub>2</sub> | mmolc dm <sup>-3</sup> |     |     |        |     |      | %  |
| 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 |

Fonte: Alves e Souza (2011).

-----

**Tabela 2.** Macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do subsolo exposto, determinados antes da implantação do experimento (1992), Selvíria - Mato Grosso do Sul, Brasil.

| Camada | Macroporosidade | Microporosidade | Porosidade Total | Densidade do solo |
|--------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|
|--------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|

| metros    | m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> |      |      | kg dm <sup>-3</sup> |
|-----------|--------------------------------|------|------|---------------------|
| 0,00-0,10 | 0,10                           | 0,25 | 0,35 | 1,52                |
| 0,10-0,20 | 0,08                           | 0,25 | 0,33 | 1,69                |
| 0,20-0,40 | 0,07                           | 0,26 | 0,33 | 1,74                |

Fonte: Alves e Souza (2011).

Os adubos verdes (mucuna-preta, feijão-guandu, e feijão-de-porco) foram semeados nos meses de dezembro a janeiro durante os anos de 1992 a 1996. A semeadura das respectivas espécies foi realizada manualmente, e a densidade de semeadura foi de 10 plantas por metro linear. As plantas foram roçadas e deixadas na superfície no início do florescimento. Em 1996 uma nova correção do solo foi realizada com base na análise química, para os tratamentos que utilizavam corretivos (T4: C+MP; T5: C+G/FP; T6: C+Ge+MP e T7: C+Ge+G/FP). A substituição de CaO do calcário pelo CaO do gesso foi realizada da mesma forma que citada anteriormente. Apenas realizaram-se correções onde a saturação por bases no solo era inferior a 60 %, com objetivo de elevá-la a 70%.

Em janeiro de 1997, foi semeada em toda a área experimental a cultura do milho (*Zea mays* L.) utilizando a semente do híbrido AG 405 e 250 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 4-30-10 mais 0,3 % de zinco, sem aplicação de calcário; porém, sem muito sucesso, pois as plantas apresentaram pouco crescimento e obteve-se baixo rendimento de grãos, com espigas de 0,10 m de comprimento. Em junho de 1998, foi semeada a aveia-preta (*Avena strigosa* Schieb.), houve boa germinação, porém, por falta de água, a cultura não resistiu e, com poucos centímetros de altura morreu. Em fevereiro de 1999, foi realizada a semeadura da *Urochloa decumbens* (U) em toda a área experimental (que abrange os sete tratamentos descritos acima), com o intuito de proteger e acumular matéria orgânica ao solo.

No ano de 2013 foram avaliados os atributos físicos do solo: Porosidade Total, pela saturação do solo (volume de poros totais do solo ocupado pela água); a Microporosidade, pelo método da mesa de tensão com coluna de água de 6,0 kPa e a Macroporosidade, que foi calculada por diferença entre a porosidade total e a microporosidade. A Densidade do solo foi analisada pelo método do anel volumétrico, ambas as metodologias de acordo com EMBRAPA (1997). Para estas análises foram coletadas amostras indeformadas de solo no ano de 2013, com anel volumétrico, em três camadas de solo: 0,00–0,10; 0,10–0,20 e de 0,20–0,40 m e em três repetições por parcela.

Também neste mesmo ano (2013), quantificou-se a produtividade de massa seca da *Urochloa decumbens*. Para essa análise, coletaram-se as plantas contidas em 1,00 m<sup>2</sup>, em três pontos de cada parcela. Foram realizados ao longo do ano quatro cortes, de três em três meses (um corte para cada estação - janeiro, abril, julho e outubro). A massa da matéria seca foi avaliada por pesagem (estufa a 60–70° C até atingir massa constante (cerca de 72 horas).

Os dados foram analisados efetuando-se a análise de variância e teste de Tukey para as comparações das médias no nível de 5 % de probabilidade. Foi utilizado o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011) para a realização da análise estatística.

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1. Macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo

Em relação à macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, em todas as camadas (Tabela 3), observou-se que houve diferença significativa para todos os atributos físicos, e somente não houve diferença significativa para a microporosidade nas camadas de 0-0,10 e 0,20-0,40 m. Greenland (1981) considera que para um bom desenvolvimento das plantas, a macroporosidade do solo deve ser superior a 0,10 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> (valor crítico). Pode-se observar neste trabalho que, somente na camada superficial do solo a macroporosidade apresentou valores superiores ao valor crítico citado pelo autor. Na camada de 0,10-0,20 m somente o tratamento com calcário+gesso+guandu alcançou valor superior, e na camada de 0,20-0,40 m todos os tratamentos tiveram valores de macroporosidade inferiores ou iguais ao valor crítico, com exceção à testemunha MA.

Um solo ideal deve apresentar 1/3 de macroporosidade, dos 50 % ocupados pelo espaço poroso, isto é 0,17 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>. Na camada superficial, todos os tratamentos atingiram valores próximos, sendo que o tratamento C+MP/U atingiu o valor ideal de 0,17 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> (KIEHL, 1979). Está ocorrendo uma evolução positiva da macroporosidade, pois todos os tratamentos nas três camadas do solo (com exceção do C+G/FP/U na camada de 0,20-0,40 m) obtiveram valores superiores à testemunha SE. Entretanto, este atributo ainda não atingiu semelhança com a testemunha MA em todas as camadas de solo estudadas, isso só foi possível no tratamento C+Ge+G/FP/U na camada de 0,10-0,20 m; mas comparando-se com estudos realizados anteriormente é possível constatar esta evolução, ainda que não seja rápida, pois Alves e Suzuki (2004) verificaram que os atributos físicos de solos de cerrado respondem lentamente à recuperação com plantas de cobertura em um processo de recuperação de solo, contudo neste caso a recuperação está atingindo a camada de 0-0,10 m do solo, que é onde se percebe melhores resultados.

**Tabela 3.** Valores médios para a macroporosidade(m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>), microporosidade (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>), porosidade total (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>), densidade do solo (kg dm<sup>-3</sup>), teste F e coeficiente de variação (CV%), nas camadas de solo estudadas (0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m), Selvíria- MS, Brasil. 2013.

| Tratamentos | Macroporosidade                | Microporosidade | Porosidade Total | Densidade do Solo   |
|-------------|--------------------------------|-----------------|------------------|---------------------|
|             | m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> |                 |                  | kg dm <sup>-3</sup> |
|             | 0,00-0,10 m                    |                 |                  |                     |
| <b>SM/U</b> | 0,16 b                         | 0,27 a          | 0,42 b           | 1,44 b              |
| <b>MP/U</b> | 0,15 b                         | 0,29 a          | 0,44 b           | 1,39 b              |

|                    |             |          |        |        |
|--------------------|-------------|----------|--------|--------|
| <b>G/FP/U</b>      | 0,15 b      | 0,28 a   | 0,43 b | 1,42 b |
| <b>C+MP/U</b>      | 0,17 b      | 0,29 a   | 0,45 b | 1,39 b |
| <b>C+G/FP/U</b>    | 0,15 b      | 0,27 a   | 0,42 b | 1,40 b |
| <b>C+Ge+MP/U</b>   | 0,14 b      | 0,28 a   | 0,41 b | 1,42 b |
| <b>C+Ge+G/FP/U</b> | 0,15 b      | 0,29 a   | 0,44 b | 1,47 b |
| <b>MA</b>          | 0,23 a      | 0,29 a   | 0,52 a | 1,23 c |
| <b>SE</b>          | 0,07 c      | 0,31 a   | 0,37 c | 1,63 a |
| F                  | 4,683*      | 1,217 ns | 6,783* | 5,871* |
| CV(%)              | 14,9        | 7,91     | 6,783  | 5,93   |
|                    | 0,10-0,20 m |          |        |        |
| <b>SM/U</b>        | 0,09 b      | 0,29 a   | 0,38 c | 1,59 a |
| <b>MP/U</b>        | 0,08 b      | 0,29 a   | 0,38 c | 1,59 a |
| <b>G/FP/U</b>      | 0,08 b      | 0,29 a   | 0,37 c | 1,57 a |
| <b>C+MP/U</b>      | 0,09 b      | 0,29 a   | 0,38 c | 1,58 a |
| <b>C+G/FP/U</b>    | 0,10 b      | 0,27 b   | 0,37 c | 1,57 a |
| <b>C+Ge+MP/U</b>   | 0,07 b      | 0,29 a   | 0,35 c | 1,64 a |
| <b>C+Ge+G/FP/U</b> | 0,16 a      | 0,26 b   | 0,42 b | 1,47 b |
| <b>MA</b>          | 0,16 a      | 0,31 a   | 0,48 a | 1,35 b |
| <b>SE</b>          | 0,06 b      | 0,32 a   | 0,37 c | 1,63 a |
| F                  | 5,04*       | 4,649*   | 4,778* | 3,759* |
| CV(%)              | 12,14       | 5,72     | 8,66   | 6,11   |
|                    | 0,20-0,40 m |          |        |        |
| <b>SM/U</b>        | 0,08 b      | 0,26 a   | 0,33 b | 1,81 a |
| <b>MP/U</b>        | 0,07 b      | 0,31 a   | 0,38 b | 1,65 a |
| <b>G/FP/U</b>      | 0,09 b      | 0,29 a   | 0,38 b | 1,62 a |
| <b>C+MP/U</b>      | 0,09 b      | 0,29 a   | 0,37 b | 1,67 a |
| <b>C+G/FP/U</b>    | 0,04 b      | 0,30 a   | 0,33 b | 1,83 a |
| <b>C+Ge+MP/U</b>   | 0,07 b      | 0,30 a   | 0,37 b | 1,71 a |
| <b>C+Ge+G/FP/U</b> | 0,10 b      | 0,27 a   | 0,37 b | 1,63 a |
| <b>MA</b>          | 0,17 a      | 0,33 a   | 0,50 a | 1,29 b |
| <b>SE</b>          | 0,05 b      | 0,29 a   | 0,35 b | 1,76 a |
| F                  | 6,634*      | 2,468 ns | 9,803* | 7,424* |
| CV(%)              | 18,61       | 9,48     | 8,59   | 7,05   |

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

\* (tratamentos significativos a 5% pelo teste F); ns (tratamentos não significativos). SM/U = Solo mobilizado até 1999, após implantada *Urochloa decumbens*; MP/U = Mucuna-preta até 1999 após substituída por *Urochloa decumbens*; G/FP/U = Guandu até

1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por *Urochloa decumbens*; C+MP/U = Calcário+Mucuna-preta até 1999, após substituída por *Urochloa decumbens*; C+G/FP/U = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por *Urochloa decumbens*; C+Ge+MP/U = Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por *Urochloa decumbens*; C+Ge+G/FP/U = Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por *Urochloa decumbens*; MA = Mata nativa do Cerrado; SE = Solo exposto sem técnica de recuperação. Fonte: Elaboração própria.

Se um solo apresenta altos valores de microporosidade significa que se encontra com intensa compactação, perda na sua estrutura normal, assim está degradado. Este solo terá complicações com relação à aeração e infiltração de água para suprir a necessidade das plantas.

A microporosidade do solo no tratamento sem recuperação (solo exposto) e do solo que está recebendo os tratamentos de recuperação estão muito próximas (semelhantes), indicando que as mudanças na estruturação do solo ainda não estão sendo detectadas por esse atributo físico. Destaca-se também que os valores de microporosidade estão semelhantes nas três camadas do solo.

A distribuição do tamanho de poros é de extrema importância para avaliar a qualidade da estrutura do solo. Considera-se a porosidade total como a soma da macro e microporosidade, então não se pode afirmar que altos valores de porosidade total do solo indicam que o solo está em condição adequada, porém pode-se ressaltar que na camada de 0,10-0,20 m de solo a porosidade total no tratamento C+Ge+G/FP/U está se aproximando do valor da testemunha MA (condição natural do solo).

Os valores de densidade do solo encontrados na camada superficial (0-0,10 m), estão de acordo com o valor considerado médio para esta classe textural, já que Reichert et al. (2003) consideram que a densidade do solo crítica, para o bom desenvolvimento do sistema radicular, é de 1,55 kg dm<sup>-3</sup> para solos de textura média. Nas demais camadas, os valores da densidade do solo estão acima do valor crítico considerado pelos mesmos autores, exceto o tratamento em que foi utilizado C+Ge+G/FP/U na camada de 0,10-0,20 m, pois este está inferior a 1,55 kg dm<sup>-3</sup> e está se assemelhando com a testemunha MA. Em relação aos demais anos estudados houve evolução positiva deste atributo em relação às pesquisas realizadas por Alves (2001) e por Alves et al. (2012) que encontraram valores superiores para densidade do solo, o que demonstra que a matéria orgânica gerada pela forrageira está contribuindo para melhorar a estrutura do solo ao longo dos anos. Quando se estuda os atributos físicos do solo em uma área degradada em recuperação observa-se que a adição de material orgânico no solo via adubos verdes, adubos verdes + lodo de esgoto e lodo de esgoto diminui a densidade do solo e melhora a distribuição do tamanho de poros (KITAMURA et al., 2008).

Comparando-se o tratamento do solo mobilizado sem cultivos até 1999 e após cultivado com pastagem, com 21 anos de início do processo de recuperação, de forma geral verificou-se que o mesmo encontrou-se semelhante aos demais tratamentos implantados com a finalidade de recuperação do solo. Estes resultados estão semelhantes aos obtidos por Alves et al. (2012), os quais estudando os atributos físicos do solo nesta mesma área, constataram que os tratamentos para recuperação tiveram efeitos semelhantes entre si e mencionam que ao longo do tempo, as raízes da gramínea fornecem material orgânico para o solo, e a adição por meio dos adubos verdes e do sistema radicular da mesma proporciona um efeito positivo sobre os seus atributos físicos. Neste caso, os atributos físicos mais sensíveis para detectar mudanças entre os tratamentos foram a macroporosidade, porosidade total e a densidade do solo, portanto, estas se mostraram melhores indicadores da qualidade física do solo.

### 3.2. Quantificação da massa seca da forrageira *Urochloa decumbens*

Na recuperação de solos degradados muitas vezes introduz-se gramíneas, devido sua capacidade de acrescentar boa parte de material orgânico ao solo, pois se desenvolvem rapidamente e tem um sistema radicular fasciculado com grande volume de raízes que se renova constantemente.

Com relação à produtividade de massa seca da *Urochloa decumbens* (Tabela 4), analisando o teste F a 5% de probabilidade houve diferença significativa entre os tratamentos e também entre as épocas de avaliação, e não ocorreu diferença significativa na interação tratamento x época. Comparando-se os tratamentos de recuperação, os que proporcionaram maior produtividade foram: G/FP/U e C+G/FP/U enquanto que o de menor produtividade foi o SM/U; ou seja, os tratamentos que se sobressaíram em relação aos outros foram aqueles onde foi implantado o feijão-de-porco após o feijão-guandu. Alves et al. (2012), trabalhando nesta mesma área verificaram maiores produtividades para o tratamento C+Ge+G/FP/U, mostrando resultados contrastantes a este trabalho. Bonini (2010) trabalhando também nesta mesma área obteve maiores produtividades para o tratamento C+MP/U. Segundo Pizarro et al. (1996), o potencial de produtividade da *U. decumbens* é 1.200 até 19.000 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de matéria seca, dependendo das condições climáticas a que é submetida, mas em área de recuperação, foram encontradas produtividades médias de até 7.088 kg ha<sup>-1</sup> ano. A produtividade de massa seca de *U. decumbens* mostra que este solo está sendo recuperado com produtividades iguais ou superiores as encontradas por Kawatoko (1999) que verificou valores entre 1.818 a 2.439 kg ha<sup>-1</sup>, em Latossolo Vermelho. Contudo, a produtividade também mostra que o efeito da *U. decumbens* uniformizou as condições do solo, e o efeito da época de avaliação é o que está interferindo mais diretamente na mesma.

A melhor época de corte (maior produtividade de massa seca) ocorreu em pleno verão: 1ª época (Janeiro/2013), pois neste mês como é possível observar na Figura 1, houve acúmulo de grande volume de água no solo devido às precipitações constantes da estação, onde o mês de janeiro merece destaque, o que beneficiou a *U. decumbens* que conseguiu aumentar sua produção de parte aérea, claro que também com auxílio da temperatura que foi adequada. Já para a 2ª época (Abril/2013) onde o corte se deu no início do outono, a produtividade, possivelmente, foi menor devido aos menores valores de temperatura, e não devido ao volume de chuvas, que por sinal foi muito bom nesta estação. Na 3ª época (Julho/2013) que é a estação do inverno (época da seca), não houve precipitação suficiente e as temperaturas ficaram abaixo do ideal (o que é comum nesta estação) para o desenvolvimento da forrageira, que estagnou então seu crescimento, o que resultou em redução ainda maior da sua produtividade. Na 4ª época (Outubro/2013), início da primavera, a temperatura aumentou um pouco, mas não o suficiente para elevar a produtividade da *U. decumbens*, pois também faltou água que não estava disponível no solo em volume adequado, devido aos baixos níveis de precipitação dos meses anteriores.

**Tabela 4.** Valores de F, DMS-5%, CV e produtividade de massa seca da forrageira *Urochloa decumbens*, nos tratamentos e épocas de avaliação estudadas. Selvíria-MS, 2013.

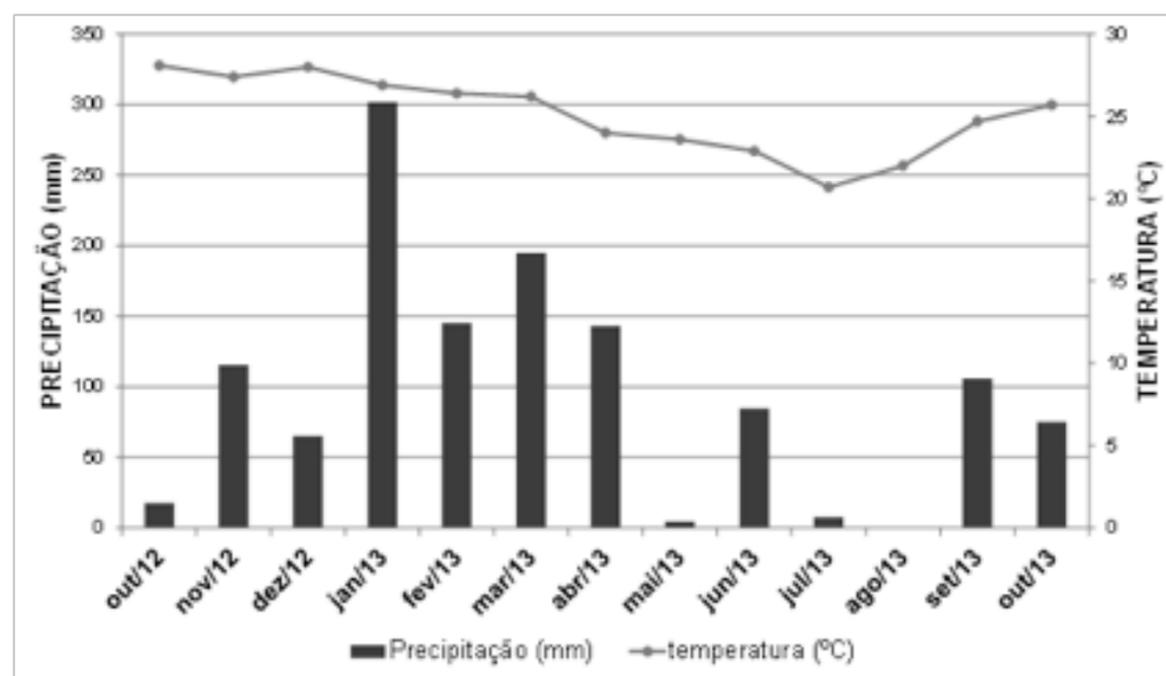
| Causas de variação | Valor de F |
|--------------------|------------|
| Tratamento         | 3,056*     |
| Época              | 13,528*    |

|                        |                                    |
|------------------------|------------------------------------|
| Tratamento x Época     | 0,672 ns                           |
| CV - %                 | 33,280                             |
| <b>Tratamentos</b>     | <b>Produtividade de massa seca</b> |
| SM/U                   | 3127 b                             |
| MP/U                   | 3804 ab                            |
| G/FP/U                 | 4117 a                             |
| C+MP/U                 | 3637 ab                            |
| C+G/FP/U               | 4105 a                             |
| C+Ge+MP/U              | 3778 ab                            |
| C+Ge+G/FP/U            | 3278 ab                            |
| DMS - 5%               | 915,500                            |
| <b>Época de corte</b>  | <b>Produtividade de massa seca</b> |
| 1º corte: Janeiro/2013 | 4418 a                             |
| 2º corte: Abril/2013   | 3805 b                             |
| 3º corte: Julho/2013   | 3591 b                             |
| 4º corte: Outubro/2013 | 2954 c                             |
| DMS - 5%               | 601,912                            |

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

\* (tratamentos significativos a 5% pelo teste F); ns (tratamentos não significativos). SM/U = Solo mobilizado até 1999, após implantada *Urochloa decumbens*; MP/U = Mucuna-preta até 1999 após substituída por *Urochloa decumbens*; G/FP/U = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por *Urochloa decumbens*; C+MP/U = Calcário+Mucuna-preta até 1999, após substituída por *Urochloa decumbens*; C+G/FP/U = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por *Urochloa decumbens*; C+Ge+MP/U = Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por *Urochloa decumbens*; C+Ge+G/FP/U = Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por *Urochloa decumbens*.

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 1.** Dados médios de precipitação pluvial e temperatura do ar nos anos de 2012 e 2013 (FEPE/UNESP). Selvíria - Mato Grosso do Sul, Brasil.

## 4. Conclusões

A adição de material orgânico no solo, por meio dos adubos verdes e da forrageira *Urochloa decumbens*, e a aplicação de calcário e gesso proporcionaram efeitos positivos sobre a qualidade dos atributos físicos desse solo e estão recuperando sua estrutura física com o passar dos anos.

Os tratamentos para a recuperação do solo se mostraram eficientes e estão atingindo até a camada de 0,20 m do solo. Os atributos

físicos mais sensíveis para detectar mudanças entre os tratamentos foram a macroporosidade, porosidade total e a densidade do solo. No geral os tratamentos com e sem correção do solo apresentam-se semelhantes, porém, onde não foi anteriormente cultivado os adubos verdes, o potencial de produtividade da *Urochloa decumbens* foi menor.

## Referências bibliográficas

- Alves, M. C. (2001). *Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira - SP*. (Tese de Livre Docência em Solos). Faculdade de Engenharia - Câmpus de Ilha Solteira – FEIS/UNESP. Ilha Solteira, Brasil.
- Alves, M. C., e Suzuki, L. E. A. S. (2004). Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas. *Acta Scientiarum Agronomy*, 26(1), 27-34.
- Alves, M. C., e Souza, Z. M. (2011). Recuperação do subsolo em área de empréstimo usada para construção de hidrelétrica. *Revista Ciência Agronômica*, 42(2), 301-309.
- Alves, M. C., Nascimento, V., e Souza, Z. M. (2012). Recuperação em área de empréstimo usada para construção de usina hidrelétrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16, 887-893.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. (2016). O novo modelo do setor elétrico. São Paulo, Brasil. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/index.cfm>.
- Bitar, O.Y. (1997). *Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo*. (Tese de Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil.
- Bonini, C.S.B. (2010). *Propriedades físico-químicas de um latossolo vermelho sob recuperação há 16 anos e a ocorrência espontânea de espécies arbóreas nativas*. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Engenharia - Câmpus de Ilha Solteira – FEIS/UNESP. Ilha Solteira, Brasil.
- Bonini, C.S.B. (2012). *Restauração ecológica de um solo decapitado sob intervenção antrópica há 17 anos*. (Tese de Doutorado). Faculdade de Engenharia - Câmpus de Ilha Solteira – FEIS/UNESP. Ilha Solteira, Brasil.
- Demattê, J. L. I. (1980). *Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira (SP)*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- ESALQ/ USP.
- Duda, G.P., Guerra, J.G.M., Monteiro, M.T., De-Polli, H., e Teixeira, M.G. (2003). Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. *Scientia Agrícola*, 60(1), 139-147.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1997). *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPSO.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2013). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa/CNPSO.
- FAO - Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. (2002). *Agricultura de Conservación: Estudio de casos en América Latina y África*. Roma: Boletín de Suelos de la FAO/FAO.
- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6), 1039-1042.
- Greenland, D. J. (1981). Soil management and soil degradation. *Journal of Soil Science*, 31, 301-322.
- Kawatoko, M. (1999). *Produção e valor nutritivo de Brachiaria decumbens Stapt em função da aplicação de calcário, nitrogênio e zinco em solo originalmente sob vegetação nativa de cerrado*. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Engenharia - Câmpus de Ilha Solteira – FEIS/UNESP. Ilha Solteira, Brasil.
- Kiehl, E. J. (1979). *Manual de edafologia: relação solo-planta*. São Paulo: Agronômica Ceres.
- Kitamura, A. E., Alves, M. C., Suzuki, L. G. A. S., e Gonzales, A. P. (2008). Recuperação de um solo degradado com aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32, 405-416.
- Perin, A. (2001). *Desempenho de leguminosas herbáceas perenes com potencial de utilização para cobertura viva e seus efeitos sobre alguns atributos físicos do solo*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, Brasil.
- Pizarro, E. A., Valle, C. B., Keller-Grein, G., Schulze-Kaft, F., e Zimmer, A. H. (1996). Regional experience with *Brachiaria*: Tropical américa-savanas. In: J. W. Miles, B. L. Maass e C. B. Valle (Ed.). *Brachiaria: biology, agronomy and improvement* (pp. 225-246). Brasília: EMBRAPA/CNPGC.
- Reichert, J. M., Reinert, D. J., e Braidá, J. A. (2003). Qualidade do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Revista Ciências Ambientais*, 27, 29-48.
- Silva, L.C.R., e Corrêa, R. S. (2008). Sobrevivência e crescimento de seis espécies arbóreas submetidas a quatro tratamentos em área minerada no cerrado. *Revista Árvore*, 32(4), 731-740.
- Souza, M. N. (2004). *Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável*. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil.

- 
1. Engenheira Agrônoma, Mestranda em Agronomia. Departamento DEFERS. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP - Câmpus de Ilha Solteira. E-mail: [polianaleonelrosa@gmail.com](mailto:polianaleonelrosa@gmail.com)
  2. Engenheira Agrônoma, Doutora em Solos e Nutrição de Plantas. Professora do Departamento DEFERS. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP - Câmpus de Ilha Solteira. E-mail: [mcalves@agr.feis.unesp.br](mailto:mcalves@agr.feis.unesp.br)
  3. Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Agronomia. Departamento DEFERS. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP - Câmpus de Ilha Solteira. E-mail: [epitacio\\_jose@hotmail.com](mailto:epitacio_jose@hotmail.com)
  4. Engenheira Agrônoma, Doutora em Agronomia. Professora da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP – Câmpus de Dracena. E-mail: [carolsbatistabonini@hotmail.com](mailto:carolsbatistabonini@hotmail.com)
  5. Engenheira Agrônoma, Mestranda em Agronomia. Departamento DEFERS. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP - Câmpus de Ilha Solteira. E-mail: [ligiavideira@hotmail.com](mailto:ligiavideira@hotmail.com)
-

