

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 06/03/2019.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

KELLIAN KENJI GONZAGA DA SILVA MIZOBATA

**ALTERAÇÕES DE ATRIBUTOS FÍSICOS DE SUBSOLO REVEGETADO E
CONDICIONADO COM RESÍDUOS, PARA RECUPERAÇÃO DE AMBIENTE
DEGRADADO NO CERRADO**

Ilha Solteira
2017

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

KELLIAN KENJI GONZAGA DA SILVA MIZOBATA

ALTERAÇÕES DE ATRIBUTOS FÍSICOS DE SUBSOLO REVEGETADO E
CONDICIONADO COM RESÍDUOS, PARA RECUPERAÇÃO DE AMBIENTE
DEGRADADO NO CERRADO

Dissertação apresentada à Faculdade
de Engenharia de Ilha Solteira –
UNESP como parte dos requisitos
para obtenção do título de Mestre em
Agronomia. Especialidade: Sistemas
de Produção.

Prof^a Dr^a Kátia Luciene Maltoni
Orientadora

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Mizobata, Kellian Kenji Gonzaga da Silva.

M685a Alterações de atributos físicos de subsolo revegetado e condicionado com resíduos, para recuperação de ambiente degradado no cerrado / Kellian Kenji Gonzaga da Silva Mizobata. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2017
107 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2017

Orientador: Kátia Luciene Maltoni
Inclui bibliografia

1. Agregados. 2. Formação do solo. 3. Morfologia. 4. Sobrevivência.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Alterações ocorridas em atributos físicos de subsolo revegetado e condicionado com resíduos para recuperação de área degradada no Cerrado

AUTORA: KELLIAN KENJI GONZAGA DA SILVA MIZOBATA

ORIENTADORA: KATIA LUCIENE MALTONI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA, especialidade: SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. KATIA LUCIENE MALTONI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Profa. Dra. GLAUCIA AMORIM FARIA

Departamento de Matemática / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Profa. Dra. MARIA HELENA MORAES SPINELLI

Depto de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu, SP

Ilha Solteira, 06 de março de 2017

Dedico

meu trabalho a todos aqueles que, de alguma forma contribuíram com minha jornada acadêmica, sem deixar de destacar aqueles que me proporcionaram a vida, meus pais, Sônia Gonzaga da Silva e Rubens Nobuyuki Mizobata, familiares e ao Diego Paterlini.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me trazer à vida com saúde, perseverança, dedicação, responsabilidade, para chegar onde cheguei e continuar a caminhada.

À UNESP/ Faculdade de Engenharia - Campus de Ilha Solteira, os professores e funcionários que contribuíram na minha formação e a CAPES pela bolsa e ao CNPq pelo financiamento desta pesquisa.

Aos meus pais Rubens e Sônia, que me ajudaram e me apoiaram durante toda a vida até o presente, principalmente à minha mãe, que sempre esteve comigo e deu o seu melhor na minha educação e de meus irmãos, acompanhando todos os meus passos.

Aos meus irmãos Thiago, Oliver, William, Maria Gabriela, Vanessa, Mariana e Andressa, pelo carinho e amor.

Ao meu namorado Diego, pelo amor, carinho, apoio e cumplicidade durante todo tempo, nas horas difíceis e alegres.

Aos meus avós maternos, Joaquim e Maria, que sempre me incentivaram e apoiaram. Minha avó paterna Tamiko que sente orgulho da neta que está se formando e se realizando profissionalmente, e meu avô Hiroyuki (*in memoriam*) que deve estar orgulhoso e contente de mim em mais esta etapa concluída com sucesso e aprendizagem.

Aos meus tios Jaime, Isabel e Doralice, que me deram apoio, abrigo, carinho e atenção durante esta caminhada.

À todos os meus familiares, que me apoiam e me amam, pois, sem eles não sou nada nem ninguém.

Aos meus amigos e companheiros de campo, Diego, Adriana, Wellington, principalmente a Thaís que sempre me ajudou e apoiou.

E a professora Dra. Kátia L. Maltoni, quem durante toda a graduação e pós-graduação, foi mais que uma orientadora, foi quem me orientou, avaliou e ensinou.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

RESUMO

O Cerrado é um dos biomas brasileiros que apresenta elevada riqueza natural e endemismo de espécies, carece de urgente conservação e/ou recuperação devido acelerada degradação. Muitos estudos sobre recuperação de áreas degradadas vêm sendo conduzidos, no entanto, é necessário aprofundar o entendimento sobre os processos envolvidos na recuperação de uma área, com esclarecimento e conhecimento das técnicas e avaliações que contribuam para melhorar cada vez mais este processo. Dentro deste contexto este trabalho teve por objetivo avaliar os atributos físicos de uma área degradada em recuperação (ADR) após ter sido condicionada com resíduos orgânico (RO) e agroindustrial (RA) e revegetada, utilizando um controle (área degradada sem intervenção - AD) e uma testemunha (fragmento de Cerrado conservado - CER) como parâmetros de referência. O experimento foi desenvolvido na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão (FEPE) da Universidade Estadual Paulista, UNESP-Faculdade de Engenharia/campus de Ilha Solteira/SP, em área de subsolo exposto onde existiam Latossolos Vermelhos. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial $3 \times 4 + 2$, com três doses de RO, quatro doses de RA, e dois tratamentos adicionais, CER e AD, perfazendo um total de 14 tratamentos com 3 repetições e profundidades em parcela subdividida. Os atributos avaliados foram densidade do solo, porosidade (macro e micro) nas camadas de 0,0 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m; estabilidade de agregados (0,0 a 0,20 m), resistência a penetração (0,0 a 0,45 m), taxa de infiltração de água no solo, imagens de agregados em microscopia eletrônica (MEV), morfologia de blocos indeformados (0,0 a 0,7 m), bem como carbono orgânico e pH (0,0 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m), além de avaliar a sobrevivência das plantas após 04 anos. O conjunto das ações realizadas para melhorar as condições edáficas do subsolo exposto aumentaram a taxa de infiltração da água no solo, a agregação, a estabilidade dos macroagregados, o diâmetro médio ponderado, o carbono orgânico, foram benéficas à arquitetura dos poros e ao pH da ADR, além de reduzir a densidade e resistência do solo a penetração, em relação a AD. Transcorridos 4 anos, o subsolo exposto dá sinais de recuperação por meio de processos pedogenéticos que conduzem a formação de uma nova estrutura.

Palavras-chave: Agregados. Formação do solo. Morfologia. Sobrevivência.

ABSTRACT

The Cerrado is one of the Brazilian biomes that presents the highest natural richness and endemism of species, it needs urgent conservation and/or recovery due to accelerated degradation. Many studies on recovery of degraded areas have been conducted, however, it is necessary a deeper understanding about the processes involved in an area under recovery, with clarification and knowledge of the techniques and evaluations that contribute to improve this process more and more. Under this context, the aim of this research was to evaluate the physical attributes of a degraded area under recovery (ADR) after being conditioned with organic (RO) and agroindustrial (RA) residues and reforested, using two controls AD - degraded area without intervention and CER - fragment of Cerrado conserved both used as references. The experiment was carried out at the São Paulo State University (UNESP), farm of research, teaching and extension (FEPE) of School of Engineering, Ilha Solteira, in a subsoil area where there were Typic Hapludox. With a randomized complete block design in a 3 x 4 + 2 factorial scheme with three RO doses, four RA doses, and two additional treatments, CER and AD, for a total of 14 treatments with 3 replicates and depths in a subdivided plot. The evaluated attributes were soil density, porosity (macro and micro) in the depths from 0,0 to 0,05 m; 0.05 to 0.10 m and 0.10 to 0.20 m; aggregates stability (0.0 to 0.20 m), penetration resistance (0.0 to 0.45 m), water infiltration rate in the soil, aggregate's images in electronic microscopy, morphology of undeformed blocks (0.0 to 0.7 m), as well as organic carbon and pH (0.0 to 0.05 m, 0.05 to 0.10 m and 0.10 to 0.20 m), besides evaluating the survival of plants after 4 years. The set of actions performed to improve the edaphic conditions of the exposed subsoil increased the water infiltration rate in the soil, the aggregation, the stability of the macroaggregates, the weighted average diameter and the organic carbon, were beneficial to the pore architecture and the pH of soil in ADR, in addition to reducing soil density, soil penetration resistance, relatively to AD. After 4 years, the exposed subsoil shows signs of recovery through pedogenetic processes that lead to the formation of a new structure.

Keywords: Aggregates. Soil formation. Morphology. Survival.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	O CERRADO	12
2.2	ÁREAS DEGRADADAS	12
2.3	RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	13
2.4	RESÍDUOS ORGÂNICO E AGROINDUSTRIAL	14
2.5	FÍSICA DO SOLO EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO	15
2.6	HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL	16
	REFERÊNCIAS	20
3	OBJETIVO GERAL	25
3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25

CAPÍTULO 1

MUDANÇAS NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM SBSOLO EXPOSTO CONDICIONADO COM RESÍDUOS ORGÂNICO E AGROINDUSTRIAL.....

		26
1	INTRODUÇÃO	26
2	MATERIAL E MÉTODOS	28
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4	CONCLUSÕES	46
	REFERÊNCIAS	47

CAPÍTULO 2

ESTABILIDADE DOS AGREGADOS EM FORMAÇÃO EM SUBSOLO EXPOSTO, COMO RESPOSTA AO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO ESTABELECIDO

		51
1	INTRODUÇÃO	51
2	MATERIAL E MÉTODOS	54
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4	CONCLUSÕES	73

REFERÊNCIAS	74
CAPÍTULO 3	
MORFOLOGIA, pH, CARBONO ORGÂNICO E SOBREVIVÊNCIA DE ESPÉCIES NATIVAS DE CERRADO EM SUBSOLO EXPOSTO.....	81
1 INTRODUÇÃO	81
2 MATERIAL E MÉTODOS	83
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
4 CONCLUSÕES	99
REFERÊNCIAS	100
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
ANEXO A – Análise química dos resíduos para elementos disponíveis e totais.....	106
REFERÊNCIAS	107

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é um dos biomas brasileiros que apresenta elevada riqueza natural e carece de urgente conservação e recuperação, devido a acelerada degradação antrópica que vem sofrendo, uma vez que o homem não mede as consequências, quando em busca por matéria prima mineral, vegetal, energias, etc, e ao mesmo tempo necessita de serviços ecossistêmicos, que os recursos naturais nos oferecem, para sobreviver.

A busca por energias alternativas e limpas é uma necessidade, para o contínuo desenvolvimento tecnológico, industrial e até mundial, no entanto, o homem tem o dever de mitigar os danos causados à natureza e recuperar as áreas que já foram degradadas, considerando a escassez da maioria dos recursos naturais.

Existem muitos trabalhos voltados à recuperação de ambientes degradados, no entanto, cada local tem seu histórico, características e particularidades, e isto influencia na tomada de decisão sobre a escolha do melhor método a ser adotado. No Cerrado, a decisão por um projeto que envolva reflorestamento, para recuperar uma área degradada, dependerá de quão intensa foi a degradação.

Para escolha dos procedimentos é necessário verificar se o solo precisa de fertilização e/ou manejo, além da caracterização da fitofisionomia de espécies, para realizar a seleção adequada, e saber se haverá disponibilidade de sementes e mudas para o plantio. Em algumas situações, os solos presentes em áreas degradadas encontram-se altamente impactados, particularmente em áreas de mineração e junto a grandes empreendimentos, como usinas hidrelétricas-UHE, os maiores causadores de impactos ambientais, uma vez que realizam cortes que removem os horizontes superficiais do solo, expondo um subsolo sem estrutura e condições edáficas suficientes para o restabelecimento da vegetação. No caso da UHE de Ilha Solteira, o subsolo exposto durante a construção permanece sem cobertura vegetal, compactado e sofrendo erosão severa a cada ano.

O processo de recuperação destas áreas é bastante complexo, demanda muito tempo, além do uso de insumos, implementos agrícolas, e por vezes da inoculação para a colonização da área com microrganismos, para na sequência receber a vegetação e, como consequência, ou em ajuda mútua os animais.

Uma alternativa ao uso de insumos são os resíduos, se disponíveis na região, podem representar uma solução. Na região próxima à área experimental, existem dois resíduos interessantes, as macrófitas aquáticas e a cinza do bagaço da cana-de-açúcar, ambos ricos em carbono orgânico e outros elementos. Outra medida importante é a seleção das mudas para

plântio, as espécies nativas aumentam as chances e aceleram o processo de colonização, além de atrair animais e facilitar a entrada de outras espécies do entorno, pois estão adaptadas às condições climáticas da região.

Essas medidas auxiliam no processo, mas a depender do grau de degradação do solo, ele pode demorar milhares de anos para se recuperar ou ainda nunca conseguir retornar ao seu estado inicial, por isso, há necessidade de mais estudos sobre a recuperação do Cerrado e torna-se necessário o conhecimento de técnicas e avaliações que auxiliem nesse processo, para recuperar as extensas áreas degradadas que estão se concentrando, não só no Cerrado, mas pelo mundo inteiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O grande desafio para recuperação de áreas impactadas pela remoção do solo está na construção de um novo solo, a partir de um subsolo pouco estruturado, pedregoso, de elevada densidade e baixas taxas de infiltração de água.

Na busca por soluções e olhando a natureza, notou-se que uma das alternativas estaria em dar vida ao subsolo, para que os complexos e dinâmicos processos que ocorrem nos solos pudessem lá se estabelecer. Neste contexto, optou-se, alternativamente pelo uso de resíduos disponíveis na região (macrófitas aquáticas e cinza produzida a partir do bagaço da cana-de-açúcar) e ricos em carbono, ao mesmo tempo buscou-se, ainda observando o entorno, selecionar espécies arbóreas do Cerrado para introdução nesta área e antes de qualquer ação, este subsolo foi escarificado, e gradeado, para rompimento da camada mais compactada que se tinha à superfície.

Passados 4 anos, pensando na construção de um novo solo, muito pouco tempo, mas observando as alterações ocorridas, particularmente nos atributos físicos, nota-se que a área encontra-se em processo de revegetação espontânea e dando os primeiros passos para se recuperar.

Considerando apenas os aspectos gerais a incorporação dos resíduos, orgânico e agroindustrial, selecionados em conjunto com a mecanização da área, as mudanças promovidas foram positivas também para carbono orgânico e pH, além de não interferir negativamente na sobrevivência das espécies introduzidas.

O conjunto das ações realizadas melhorou as condições edáficas do subsolo exposto aumentando a taxa de infiltração de água no solo, a agregação, a estabilidade dos agregados, o diâmetro médio ponderado, foram benéficas à arquitetura dos poros, e reduziram a densidade, resistência do solo a penetração, em relação a áreas degradadas que não sofreram intervenções.

O uso de dois extremos para avaliar a recuperação de área degradada (ADR), testemunha (fragmento de cerrado conservado) e controle (área degradada sem intervenção), foi importante para percepção da recuperação alcançada e de quanto mais pode ser feito.

Neste caso, a porcentagem dos macroagregados pode ser utilizada como indicadora da recuperação das condições edáficas do ambiente degradado, comparativamente ao ambiente preservado, portanto, ser considerado um indicador da qualidade do solo. A microscopia eletrônica, foi também uma ferramenta importante na observação do papel das hifas de fungos na agregação do solo.

E quanto as plantas, as 10 espécies selecionadas apresentaram alta sobrevivência, quatro anos após sua introdução em campo, e podem ser sugeridas para utilização em programas de revegetação de áreas degradadas no cerrado. Sabendo que Ipê e Monjoleiro são mais dependentes de adições orgânicas e que o Canudo de Pito apresenta crescimento rápido.

Transcorridos 4 anos, o subsolo exposto dá sinais de recuperação por meio de processos pedogenéticos que conduzem a formação de agregados, permitem a entrada de água e dá espaço ao restabelecimento da vegetação.