



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

FRAÇÕES DENSIMÉTRICAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DE UM SOLO CONSTRUÍDO APÓS MINERAÇÃO DE CARVÃO E RECENTEMENTE VEGETADO

Otávio dos Anjos Leal⁽¹⁾; Rosa Maria Vargas Castilhos⁽²⁾; Clenio Nailto Pillon⁽³⁾; Letiane Helwig Penning⁽⁴⁾; Eloy Antonio Pauletto⁽²⁾; Flávia Fontana Fernandes⁽²⁾

⁽¹⁾ Doutorando, Programa de Pós graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, nº 7712, CEP: 91540-000, caixa postal: 15100, Porto Alegre/RS, oleal@ibest.com.br ⁽²⁾ Professor(a), Departamento de Solos, Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário s/n, CEP 96010-900, Pelotas/RS, rosamvc@ufpel.edu.br; pauletto@ufpel.tche.br; flaviaff@ufpel.edu.br ⁽³⁾ Pesquisador Embrapa Clima Temperado, BR 392, km 78, CEP 96001-970, Pelotas/RS, pillon@cpact.embrapa.br ⁽⁴⁾ Graduanda Agronomia Universidade Federal de Pelotas, bolsista de iniciação científica Fapergs letipenning@yahoo.com.br;

Resumo – Em Candiota/RS encontra-se a maior jazida de carvão mineral do Brasil, com exploração a céu aberto. Após a exploração mineral o solo é construído e normalmente apresenta baixos estoques de matéria orgânica. Trabalhos têm comprovado que frações de matéria orgânica são mais sensíveis às alterações de manejo de culturas do que o estoque total. O objetivo deste trabalho foi avaliar os estoques de carbono totais e nas frações densimétricas da matéria orgânica de um solo construído e vegetado com gramíneas, após a mineração de carvão. No experimento, conduzido desde 2007 em Candiota, em set/2009 amostrou-se o solo construído (0,00 – 0,03m) nos tratamentos: Vaqueiro (T1), Braquiária Brizantha (T2), Tanzânia (T3), Braquiária Humidícola (T4), Hemátria (T5), Tifton (T6), solo construído descoberto (T8) e solo natural (T9). Realizou-se o fracionamento físico densimétrico da matéria orgânica e quantificando-se os teores e estoques de carbono orgânico total (COT) e das frações leve livre (FLL), leve oclusa (FLO) e pesada (FP). O T2 apresentou os maiores teores de carbono na FLL e FLO e maior estoque de carbono na FLL em relação aos demais tratamentos com as coberturas vegetais, provavelmente devido ao maior aporte de biomassa. A vegetação do solo construído resultou em teores e estoques de COT e das frações densimétricas da matéria orgânica intermediários, maiores do que os do T8 e menores do que os do T9, indicando uma parcial recuperação do mesmo. A FLL e a FLO foram mais sensíveis ao efeito das diferentes espécies do que a FP e o COT.

Palavras-Chave: área degradada, gramíneas, recuperação.

INTRODUÇÃO

A maior reserva de carvão mineral brasileira encontra-se no município de Candiota/RS, com reservas em torno de um bilhão de toneladas, passíveis de serem mineradas a céu aberto (CRM, 2010). Em Candiota, o carvão é explorado pela Companhia Riograndense de Mineração (CRM), atendendo a Usina Termelétrica Presidente Médici. Devido ao aumento da

capacidade instalada desta usina, ocorrido em 2011, a necessidade de carvão para abastecê-la passará de dois para cinco milhões de toneladas anuais (CRM, 2010).

Atualmente o carvão explorado pela CRM encontra-se a uma profundidade de 11 a 17m da superfície do solo, e, por isso, é explorado a céu aberto. Após a retirada do carvão os materiais que anteriormente o recobriam são utilizados para preencher a cava de mineração, dando origem aos solos chamados construídos. Estes solos são geralmente caracterizados por mistura de horizontes (A, B, C, na situação de Candiota), elevada densidade, baixo pH, baixa disponibilidade de nutrientes, estrutura pobre, baixa capacidade de retenção de água, baixa produção de biomassa vegetal e baixo teor de matéria orgânica do solo (MOS) (Shukla et al., 2004; Sever e Makineci, 2008).

Como a MOS influencia os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, a recuperação dos solos construídos está diretamente relacionada com a recuperação dos estoques de MOS. Estes estoques podem variar quantitativamente e qualitativamente, de acordo com a cobertura vegetal presente sobre o solo.

O fracionamento físico densimétrico da MOS permite separá-la em três frações: fração leve livre (FLL) (entre agregados), fração leve oclusa (intra agregados) e fração pesada (associada à matriz mineral do solo) (Conceição et al., 2008). Estudos têm demonstrado que frações da matéria orgânica são mais sensíveis às alterações no manejo do solo do que a matéria orgânica como um todo (Pinheiro et al., 2004; Marinari et al., 2007; Pulrolnick et al., 2009). A maior sensibilidade das frações da matéria orgânica ao manejo de culturas pode auxiliar na escolha de procedimentos que acelerem o processo de recuperação da área degradada pela mineração. Entretanto, são poucos os trabalhos que avaliaram frações da matéria orgânica de solos construídos. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de gramíneas, utilizadas como coberturas vegetais, sobre os teores e estoques de carbono total e das frações densimétricas da matéria orgânica de um solo construído após mineração de carvão, identificando a fração ou as frações mais sensíveis ao manejo de culturas.

MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental, com coordenadas de 31° 33' 22.56" de latitude Sul e 53° 43' 3.8" de longitude Oeste, localiza-se na região da Campanha do Rio Grande do Sul, na área de mineração de carvão da CRM, localizada no município de Candiota. O solo do experimento (465 g kg⁻¹ de argila, 290,9 g kg⁻¹ de areia e 244,2 g kg⁻¹) é um solo construído após a mineração de carvão, caracterizado pela mistura dos horizontes A, B e C, com predomínio de horizonte B. O solo anterior à mineração (227,2 g kg⁻¹ de argila, 483,6 g kg⁻¹ de areia e 289,1 g kg⁻¹ de silte) foi classificado como Argissolo Vermelho Eutrófico típico (Embrapa, 2006).

O experimento do Departamento de Solos da UFPEL em convênio com a CRM foi instalado em set/out de 2007, em um delineamento experimental de casualização por blocos, com quatro repetições, sendo cada uma delas representada por uma parcela de 20 m² (4m x 5m). Por ocasião da instalação do experimento, o solo foi escarificado a uma profundidade de aproximadamente 0,10 a 0,15m. Posterior à escarificação foi realizada uma calagem com aplicação correspondente a 10,4ton ha⁻¹ de calcário com PRNT de 100% e uma adubação correspondente a 900kg ha⁻¹ da fórmula 5-20-20 (NPK). Além disto, foram realizadas em todos os períodos correspondentes à estação da primavera (outubro/novembro) adubações nitrogenadas utilizando sulfato de amônio na dose de 40kg ha⁻¹ de nitrogênio e capinas manuais com enxada, para a exclusão de plantas invasoras da área.

Em setembro de 2009 foram coletadas amostras minimamente deformadas de solo, na camada de 0,00 a 0,03m e amostras indeformadas para determinação da densidade do solo (Ds) na camada de 0,00 a 0,05m com anéis volumétricos de 3cm de altura e 4,85cm de diâmetro. Os tratamentos foram compostos por diferentes espécies de coberturas vegetais: T1 – Vaqueiro (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.); T2 – Braquiária (*Brachiaria brizantha* (Hochst.) Stapf); T3 – Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq); T4 – Braquiária humidícola (*Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt); T5 – Hemátria (*Hemarthria altissima* (Poir.) Stapf & C. E. Hubbard) e T6 – Tifton (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). Para fins comparativos foram coletadas amostras, em áreas adjacentes ao experimento, de um solo construído descoberto (T8) e de um solo natural (T9) com vegetação nativa (arbustos). O fracionamento físico densimétrico da matéria orgânica do solo foi realizado segundo Conceição (2006). O teor de carbono orgânico total (COT) e nas frações leve livre (FLL) e leve oclusa (FLO) foram determinados em analisador elementar Truspec CHN. O teor e o estoque de carbono na fração pesada (FP) foram obtidos pela diferença: $FP = [(COT - (FLL + FLO))]$. Foi estimada a participação relativa do estoque de carbono de cada fração em relação ao estoque de COT. Os resultados de teores e estoques de carbono orgânico total e nas frações da MOS foram submetidos à análise de variância e ao teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. O solo descoberto e o solo natural não foram incluídos nas análises

estatísticas, pois não fazem parte do delineamento experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de COT dos tratamentos com as coberturas vegetais variaram de 9,70 g kg⁻¹ a 12,73 g kg⁻¹, entretanto esta diferença não foi significativa. Quando comparados ao solo descoberto, estes tratamentos resultaram, em média, em um teor de COT 3,62 g kg⁻¹ (12%) superior. Já em relação ao solo natural, estes tratamentos tiveram, em média, 18,3 g kg⁻¹ a menos de COT. Estes resultados demonstram que o solo construído embora em processo de recuperação, ainda está muito distante da condição do solo anterior à mineração.

O teor de carbono na FLL do T2 não diferiu do T3 e mostrou-se superior aos demais tratamentos. No mesmo experimento do presente estudo, Stumpf et al. (2010) avaliando a produção de biomassa para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, obtiveram valores de 39kg ha⁻¹, 238kg ha⁻¹, 122kg ha⁻¹ e 103kg ha⁻¹, respectivamente, portanto, um maior aporte de biomassa ao solo pela Braquiária (T2) e pela Tanzânia (T3) pode ter influenciado o comportamento da FLL, que é composta por resíduos vegetais em estágios iniciais de decomposição (ROSCOE & MACHADO, 2002). Da mesma forma, a ausência de cobertura vegetal no T8, resultou em menor teor de carbono na FLL (Tabela 1). No solo natural, o constante aporte de resíduos sobre o solo ao longo dos anos, resultou em um teor de carbono na FLL 4,86 g kg⁻¹ superior à média dos tratamentos com as coberturas vegetais. O T2 também proporcionou o maior teor de carbono na FLO (2,40 g kg⁻¹). Stumpf et al. (2010) avaliando neste mesmo experimento, na camada de 0,00 a 0,05m, o diâmetro médio ponderado de agregados (DMP) nos tratamentos T1, T2, T3 e T4 verificaram que o maior DMP foi apresentado pelo T2 (2,0mm), o que pode justificar o maior teor de carbono na FLO apresentado por este tratamento. Isso está de acordo com a teoria de formação de agregados, onde o DMP aumenta de acordo com aumento de carbono orgânico. Os tratamentos com vegetação apresentaram teores intermediários de carbono na FLO, maiores que o T8 e menores que o T9, mostrando que as plantas estimularam o processo de agregação e conseqüente oclusão do carbono no solo. Provavelmente devido à atuação dos três mecanismos de proteção (recalcitrância molecular, proteção física e interação química) na FP, esta fração não foi sensível em detectar diferenças entre os tratamentos avaliados. Os estoques de COT embora tenham variado de 4,09 a 5,44 Mg ha⁻¹ (Tabela 1) não diferiram entre os tratamentos com as coberturas vegetais, e o estoque total do solo natural foi 62% superior à média destes tratamentos. Resultados semelhantes foram encontrados por Anderson et al. (2008) em um solo construído após a mineração de carvão vegetado por 11 anos com gramíneas também comparado a um solo natural. Os estoques de carbono nas frações densimétricas da MOS, diferiram entre os tratamentos apenas na FLL (Tabela 1). As frações FLO e FP provavelmente não foram sensíveis em detectar tais diferenças devido ao curto período de experimento (dois anos), já que nestas frações atuam dois e três mecanismos de proteção da MOS, respectivamente, sendo eles: recalcitrância molecular e proteção física e recalcitrância

molecular, proteção física e interação química, fazendo com que o tempo de ciclagem do carbono presente nestas frações seja mais longo em relação ao carbono da FLL, onde atua somente o mecanismo de recalcitrância molecular. Maior sensibilidade da FLL em relação a outras frações da MOS foi verificado por Pinheiro et al. (2004) e Lima et al. (2008). O maior estoque de carbono na FLL foi encontrado no tratamento com Braquiária Brizantha que não diferiu do capim Tanzânia (Tabela 1), o que provavelmente ocorreu pelo maior aporte de massa seca destas culturas em relação às demais. Segundo Six et al. (2002) a FLL é fortemente influenciada pela quantidade de massa seca adicionada ao solo, sendo o estoque de carbono na FLL diretamente proporcional a sua adição.

De forma geral, nos tratamentos com as coberturas vegetais a proporção da FLL foi maior ou igual a da FLO (Figura 1), demonstrando que o mecanismo de proteção da MOS por oclusão foi menos representativo, o que pode ter ocorrido devido às operações de construção do solo e ao preparo do solo quando da instalação do experimento, as quais podem ter rompido os agregados, expondo à decomposição o carbono que se encontrava dentro dos mesmos. Menor representatividade da FLO em relação à FLL foi verificada por Roscoe et al. (2001) e Sohi et al. (2001). Em todos os tratamentos, a FP foi a fração predominante, representando em média 74% do COT. Esta fração corresponde à matéria orgânica do solo em estágio avançado de decomposição, sendo mais estável e com maior tempo de residência no solo do que as frações leves, fazendo com que ela seja proporcionalmente mais representativa (Christensen, 2001). Maior representatividade da FP em relação à FLL e à FLO também foi verificada por outros autores (Souza et al., 2006; Zschornack, 2007; Rosa, 2010).

CONCLUSÕES

1. Os teores e estoques de carbono na fração leve livre do solo vegetado com Braquiária e com capim Tanzânia indicam maior potencial destas espécies na recuperação da matéria orgânica do solo construído.

2. As coberturas vegetais estão recuperando os teores e estoques de carbono orgânico total e de carbono nas frações densimétricas da matéria orgânica.

3. As frações leves da matéria orgânica são mais sensíveis ao manejo de culturas em relação à fração pesada e ao carbono orgânico total.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de mestrado, ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, à Fapergs pela bolsa de iniciação científica, ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, à Embrapa Clima Temperado, à Companhia Riograndense de Mineração pela parceria na realização do projeto e à Rede do Carvão.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J. D. INGRAM, L. J.; STAHL, P. D. Influence of reclamation management practices on microbial biomass carbon and soil organic carbon accumulation in semiarid mined lands of Wyoming. *Applied Soil Ecology*, v. 40, p. 387-397, 2008.
- CHRISTENSEN, B. T. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *European Journal of Soil Science*, v. 52, p. 345-353, 2001.
- CONCEIÇÃO, P. C.; BOENI, M.; DIECKOW, J.; BAYER, C.; MIELNICKZUK, J. Fracionamento densimétrico com politungstato de sódio no estudo da proteção física da matéria orgânica em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 541-549, 2008.
- CRM. Companhia Riograndense de Mineração. Disponível em: <http://www.crm.rs.gov.br/>. Acesso em 02 de dez. 2010.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos, 2, ed, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006, 306p.
- LIMA, A. M. N.; SILVA, I. V.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; MENDONÇA, E. S.; DEMOLINARI, M. S. M.; LEITE, F. P. Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce-MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 1053-1063, 2008.
- MARINARI, S.; LIBURDI, K.; MASCIANDARO, G.; CECCANTI, B.; GREGO, S. Humification-mineralization pyrolytic indices and carbon fractions of soil under organic and conventional management in central Italy. *Soil & Tillage Research*, v. 92, p. 10-17, 2007.
- PINHEIRO, E. F. M.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; MACHADO, P. L. O. A. Fracionamento densimétrico da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo e cobertura vegetal em Paty do Alferes – RJ. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 731-737, 2004.
- PINHEIRO, E.F.M.; PEREIRA, M.G. & ANJOS, L.H.C. Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage systems for vegetable crops in a Red Latosol from Brazil. *Soil & Tillage Research*, v. 30, p. 1-6, 2004.
- PULROLNIK, K.; BARROS, N.F.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; BRANDANI, C.B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha – MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.1125-1136, 2009.
- ROSA, Carla Machado. Matéria orgânica e Planossolo Háplico sob sistemas de manejo no cultivo do arroz irrigado no Sul do Brasil. 2010. 94f. Tese (Doutorado em Ciências – Solos). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E.J. & VASCONCELLOS, C.A. Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the $^{13}C/^{12}C$ isotopic ratio in a Cerrado's oxisol. *Geoderma*, Amsterdam, v. 104, p. 185-202, 2001.
- SEVER, H.; MAKINECI, E. Soil organic carbon and nitrogen accumulation on coal mine spoil reclaimed with maritime pine (*Pinus pinaster* Aiton) in Aglaci-Istanbul. *Environ Monit Assess*, v. 155, p. 273-280, 2009.
- SHUKLA, M. K.; LAL, R.; EBINGER, M. Soil quality indicators for reclaimed minesols in southeastern Ohio. *Soil Science*, v. 169, p. 133-142, 2004.
- SIX, J.; CONANT, R.T.; PAUL, E.A.; PAUSTIAN, K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and soil*, v.241, p.155-176, 2002.

SOHI, S.P.; MAHIEU, N.; ARAH, J.R.M.; POWLSON, D.S.; MADARI, B. & GAUNT, J.L. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. *Soil Science Society of America Journal*, v. 65, p. 1121-1128, 2001.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. *Acta Sci. Agron*, Maringá, v. 28, n. 3, p. 323-329, July/Sept., 2006.

STUMPF, L.; PAULETTO, E. A.; FERNANDES, F. F.; STUMPF, T.; RECH, T. S.; PANZIEIRA, W.; NUNES, M. R. Efeito de plantas de cobertura no diâmetro médio ponderado e no teor de carbono orgânico de um solo

construído em área de mineração de carvão no sul do Brasil. In: XVIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 2010, Teresina. Anais da XVIII Reunião Brasileira De Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2010.

ZSCHORNACK, T. Fracionamento e estoques de carbono orgânico de solos de várzea sob campo natural no Rio Grande do Sul. 2007. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Solos). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Tabela 1. Teores e estoques de carbono orgânico total (COT), carbono nas frações leve livre (FLL), leve oclusa (FLO) e fração pesada (FP) e densidade do solo (Ds) na camada de 0,00 a 0,03m de um solo construído após a mineração de carvão vegetado com diferentes coberturas vegetais, de um solo construído descoberto e de um solo natural com vegetação nativa (arbustos).

Tratamento	COT	FLL	FLO	FP	Ds						
						COT	FLL	FLO	FP		
						-----g kg ⁻¹ -----		-----Mg m ⁻³ -----		-----Mg ha ⁻¹ -----	
T1 – Vaqueiro	10,10 a	1,32 bc	1,23 b	7,55 a	1,48	4,47 a	0,58 bc	0,54 a	3,35 a		
T2 – Braquiária	12,15 a	2,33 a	2,40 a	7,43 a	1,39	5,07 a	0,96 a	1,00 a	3,12 a		
T3 – Tanzânia	12,73 a	1,92 ab	1,92 ab	8,89 a	1,43	5,44 a	0,82 ab	0,82 a	3,80 a		
T4 – Braquiária hum.	9,70 a	1,09 bc	0,89 b	7,72 a	1,41	4,09 a	0,46 c	0,37 a	3,26 a		
T5 – Hemártria	10,18 a	0,90 c	1,43 ab	7,85 a	1,42	4,32 a	0,38 c	0,61 a	3,34 a		
T6 – Tifton	10,08 a	1,27 bc	1,46 ab	7,35 a	1,41	4,26 a	0,53 bc	0,62 a	3,10 a		
T8 – Solo descoberto	7,18	0,75	0,17	6,25	1,46	2,93	0,31	0,69	1,88		
T9 - Solo natural	29,10	6,33	4,45	18,32	1,47	12,20	2,65	1,87	5,50		

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5%.

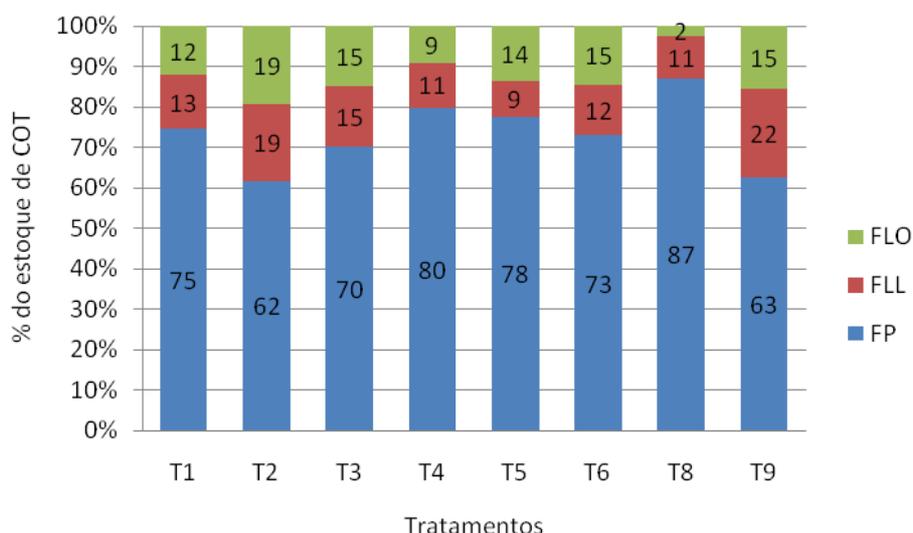


Figura 1. Proporção do estoque de carbono na fração leve livre (FLL), carbono na fração leve oclusa (FLO) e carbono na fração pesada (FP) em relação ao estoque de carbono orgânico total (COT). Vaqueiro (T1), Braquiária Brizantha (T2), Tanzânia (T3), Braquiária Humidícola (T4), Hemártria (T5), Tifton (T6), solo construído descoberto (T8) e solo natural (T9).