



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

“Temperatura e Atributos Físico-Químicos de um Latossolo em Recuperação com Adubação Verde, Gramínea e Lodo de Esgoto, Cultivado com Gonçalves-Alves”

LUIZ PAULO MONTENEGRO DE MIRANDA
Engenheiro Agrônomo

Prof. Dr. Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues
Orientador

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.
Especialidade: Sistemas de Produção

ILHA SOLTEIRA - SP
Dezembro-2010

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

- | | |
|-------|--|
| M672t | <p>Miranda, Luiz Paulo Montenegro de.
Temperatura e atributos físico-químicos de um latossolo em recuperação com adubação verde, gramínea e lodo de esgoto, cultivado com Gonçalves-alves / Luiz Paulo Montenegro de Miranda. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2011
72 f. : il.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2011</p> <p>Orientador: Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues
Inclui bibliografia</p> <p>1. Áreas degradadas (Agricultura). 2. Gonçalves-alves. 3. Comportamento térmico. 4. Atributos físicos do solo. 5. Coberturas vegetais.</p> |
|-------|--|

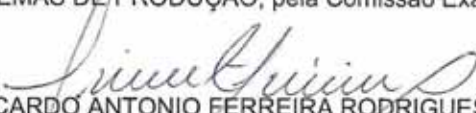
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Temperatura e Atributos Físico-Químicos de um Latossolo em Recuperação com Adubação Verde, Gramínea e Lodo de Esgoto, Cultivado com Gonçalves-Alves

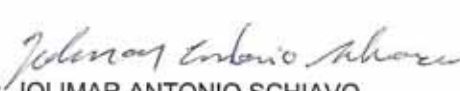
AUTOR: LUIZ PAULO MONTENEGRO DE MIRANDA

ORIENTADOR: Prof. Dr. RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Profa. Dra. MARLENE CRISTINA ALVES
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. JOLIMAR ANTONIO SCHIAVO
Departamento de Solos / Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

Data da realização: 03 de dezembro de 2010.

*Aos meus Pais Sandra Regina Montenegro de Miranda e Luiz Rodrigues
Miranda pelo valioso apoio e por estarem sempre ao meu lado.
Às minhas Tias Elza e Darcy pelas inestimáveis ajudas.
À Fabiana Oikawa e Família.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus Pais Luiz Rodrigues Miranda e Sandra Regina Montenegro de Miranda, pela força e apoio a cada nova fase da vida.

Aos amigos Geovane Lima Guimarães e Adriano da Silva Lopes por me apresentarem à UNESP de Ilha Solteira.

À professora Marlene Cristina Alves, pela oportunidade de trabalharmos juntos e pelas valiosas contribuições à minha vida profissional.

Ao meu orientador Dr. Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues pela oportunidade e orientação. À Marcia Godoy pela valiosa ajuda.

Ao Sr. Nilton (Novinho) e Dona Lena, aos Irmãos Gabriel, Daniel e Sofia Queiroz de Oliveira, pelo incentivo no início dessa caminhada.

Às minhas irmãs de república Ana Paula dos Santos Santana, Célia de Jesus Freitas, Fabiana Oikawa e Francimary Carneiro pelo carinho, amizade, apoio e companheirismo.

Aos docentes do curso de mestrado da UNESP-FEIS, em especial aos professores Edson Lazarini, João da Costa Andrade, Marcelo Andreotti, Marcos Eustáquio de Sá, Maria Aparecida Anselmo Tarsitano, Morel de Passos Carvalho, Orivaldo Arf e Walter Veriano Valério Filho.

Ao Sr. Valdivino dos Santos, por sua gloriosa ajuda e alegria durante todas as fases do trabalho, e pelos peixes nunca pescados.

A turma do laboratório de Física do Solo, em especial ao Otton, Carolina Cipriano, Carina, Jean Fernando, Carolina Bonini, Elza, Thaís e Marchini pela alegre presença e ajuda durante as análises.

À CAPES e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UNESP-Ilha Solteira, pela concessão de bolsa de Mestrado.

À todos aqueles envolvidos direta e indiretamente nos trabalhos de campo e laboratório.

“Mudo meu pensamento...
... e o mundo ao meu redor também muda.”
(Reflexões do autor)

RESUMO

Reduzir as variações térmicas do solo com a cobertura vegetal favorece o armazenamento de água e aumento nos teores de matéria orgânica e nutrientes disponíveis às plantas. Este trabalho teve por objetivo avaliar a temperatura e alguns atributos físicos e químicos de um Latossolo em recuperação com adubos verdes, gramínea e lodo de esgoto, cultivado com Gonçalves-alves. O experimento foi realizado em área de empréstimo no município de Selvíria/MS. O delineamento experimental foi em blocos com cinco tratamentos e cinco repetições, os tratamentos foram: Solo Exposto (testemunha); espécie arbórea Gonçalves-alves; Gonçalves-alves + crotalária; Gonçalves-alves + feijão-de-porco; Gonçalves-alves + braquiária (*Brachiaria decumbens*) + lodo (60 t ha^{-1}), e comparadas com uma condição natural de Cerrado (mata adjacente). No tratamento com Gonçalves-alves + braquiária + lodo os valores de P-resina foram elevados em todas as camadas, proporcionando incrementos de Ca^{+2} e Mg^{+2} e elevação da CTC, evidenciando os efeitos do lodo como fertilizante. Não foram observadas contribuições dos adubos verdes sobre a fertilidade do solo, apenas sobre a macroporosidade do solo. Houve melhor estruturação do solo com aumento do tamanho e da estabilização de agregados em água, na superfície para Gonçalves-alves + braquiária + lodo, assim como maior diâmetro médio ponderado de agregados, semelhante ao solo de Cerrado. A umidade do solo foi maior no Cerrado e em Gonçalves-alves + braquiária + lodo com cobertura vegetal permanente. O efeito da gramínea foi capaz de reduzir a temperatura do solo na superfície, principalmente para o verão. A capacidade térmica do solo foi maior para todos os tratamentos em relação ao Cerrado. Foi observado para todos os tratamentos correlação positiva entre a capacidade térmica (seco e úmido) e a densidade do solo. A temperatura apresentou correlação positiva com a densidade do solo somente nos tratamentos com Gonçalves-alves, Gonçalves-alves + crotalária e Gonçalves-alves + feijão-de-porco, evidenciando o efeito do revolvimento do solo. O monitoramento das variações temporais de temperatura do solo em superfícies com coberturas distintas são importantes na busca pelo melhor uso e manejo do solo.

Palavras-chave: Área degradada. *Astronium fraxinifolium*. Comportamento térmico. Atributos físicos do solo. Coberturas vegetais.

ABSTRACT

Reduce the temperature variations of the soil with plant cover promotes the storage of water and increase in soil organic matter and nutrients available to plants. This study aimed to evaluate the temperature and some physical and chemical attributes of a soil in recovery with green manure, sewage sludge and grass, grown with *Gonçalo-alves*. The experiment was carried out on loan in Selvíria/MS. The experiment was arranged in blocks with five treatments and five replicates, the treatments were: Bare Soil (control) tree species *Gonçalo-alves*; *Gonçalo-alves* + sunn; *Gonçalo-alves* + jack bean ; *Gonçalo-alves* + *Brachiaria* (*Brachiaria decumbens*) + sludge (60 t ha⁻¹), and compared to a natural condition of Cerrado (adjacent forest). In dealing with *Gonçalo-alves* + *Brachiaria* + sludge silt values *Brachiaria* resin-P were elevated in all layers, providing increments of Ca⁺² and Mg⁺² and elevation of CEC, showing the effects of sludge as fertilizer. There were no contributions from the green manures on soil fertility, only on the soil macroporosity. There was a better soil structure with increasing size and the stabilization of aggregates in water, surface-to *Goncalo alves* *Brachiaria* + + sludge, and increased mean weight diameter of aggregates, similar to the Cerrado soil. Soil moisture was higher in the Cerrado and *Gonçalo-alves* *Brachiaria* + *Brachiaria* + sludge with permanent vegetative cover. The effect of grass was able to reduce the soil temperature at the surface, especially for the summer. The heat capacity of soil was higher for all treatments in relation to Savannah. Was observed for all treatments positive correlation between the heat capacity (dry and wet) and bulk density. The temperature was positively correlated with soil bulk density only in treatments with *Gonçalo-Alves*, *Gonçalo-alves* + sunn and *Gonçalo-alves* + bean pork, showing the effects of soil disturbance. The monitoring of temporal variations of soil temperature on surfaces with different coverages are important in finding the best use and soil management.

Keywords: Area degraded. *Astronium fraxinifolium*. Thermal behavior. Physical attributes of soil. Vegetation cover.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Coleta de amostras com anéis volumétricos.	27
Figura 2.	Amostras para análise de fertilidade do solo.	28
Figura 3.	Especificações do sensor e da instalação do sensor no solo das parcelas experimentais.	29
Figura 4.	Sensor instalado na entrelinha do tratamento com Gonçalves+feijão-de-porco.	29
Figura 5.	Somatória das condições atmosféricas nos períodos avaliados.	31
Figura 6.	Condições atmosféricas de precipitação, radiação global e brilho solar incidentes para o período de janeiro a fevereiro de 2009.	32
Figura 7.	Condições atmosféricas de precipitação, radiação global e brilho solar incidentes para o período de abril a maio de 2009.	32
Figura 8.	Condições atmosféricas de precipitação, radiação global e brilho solar incidentes para o período de agosto a setembro de 2009.	32
Figura 9.	Condições atmosféricas de precipitação, radiação global e brilho solar incidentes para o período final de setembro, outubro e início de novembro de 2009.	32
Figura 10.	Condições atmosféricas de precipitação, radiação global e brilho solar incidentes para o período de dezembro/2009 a janeiro/2010.	33
Figura 11.	Temperatura do solo na camada de 0 a 5 cm registrada durante o período de janeiro a fevereiro/2009	70
Figura 12.	Temperatura do solo na camada de 0 a 5 cm registrada durante o período de abril a maio/2009	70
Figura 13.	Temperatura do solo na camada de 0 a 5 cm registrada durante o período de agosto a setembro/2009	71
Figura 14.	Temperatura do solo na camada de 0 a 5 cm registrada durante o período de setembro	71
Figura 15.	Temperatura do solo na camada de 0 a 5 cm registrada durante o período de final de setembro, outubro a novembro/2009	72
Figura 16.	Temperatura do solo na camada de 0 a 5 cm registrada durante o período de dezembro/2009 a janeiro/2010	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.	Caracterização química e conteúdo de água do lodo utilizado.	27
Quadro 2.	Valores médios de umidade a base de massa do solo para os tratamentos na camada de 0,05 m, avaliados entre agosto/2009 e fevereiro/2010.	37
Quadro 3.	Valores médios estimados para a Capacidade Térmica Volumétrica do Solo com a umidade na Capacidade de Campo (13% umidade a base de massa) e solo seco (0% umidade).	38
Quadro 4.	Temperatura média do solo na profundidade de 0,05 m nos tratamentos, registradas de janeiro/2009 a janeiro/2010.	40
Quadro 5.	Valores de densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo para os tratamentos avaliados.	45
Quadro 6.	Matriz de correlação linear simples entre a temperatura, atributos físicos e capacidade térmica do solo para o tratamento GA + B + L.	48
Quadro 7.	Matriz de correlação linear simples entre a temperatura, atributos físicos e capacidade térmica do solo para o tratamento GA + FP.	49
Quadro 8.	Matriz de correlação linear simples entre a temperatura, atributos físicos e capacidade térmica do solo para o tratamento utilizando somente a espécie Gonçalves-alves.	50
Quadro 9.	Matriz de correlação linear simples entre a temperatura, atributos físicos e capacidade térmica do solo para o tratamento GA + CR.	51
Quadro 10.	Matriz de correlação linear simples entre a temperatura, atributos físicos e capacidade térmica do solo para o tratamento com Solo Exposto (testemunha).	52
Quadro 11.	Valores médios de porcentagem de distribuição de tamanho de agregados e DMP, em função dos tratamentos, para as camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m.	53
Quadro 12.	Valores médios dos atributos químicos do solo avaliados.	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	Solo e atmosfera	15
2.2	Comportamento térmico do solo	16
2.3	Temperatura do solo	19
2.4	Utilização do lodo e coberturas vegetais para proteção do solo	22
3	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1	Características do local da pesquisa	26
3.2	Características meteorológicas	26
3.3	Delineamento e instalação dos tratamentos	26
3.4	Avaliação dos atributos físicos do solo	28
3.5	Avaliação da estabilidade de agregados em água	28
3.6	Avaliação dos atributos químicos do solo	29
3.7	Avaliação da temperatura do solo	30
3.8	Determinação da umidade do solo	31
3.9	Estimativa da capacidade térmica volumétrica do solo	32
3.10	Análise dos dados e correlação	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1	Condições meteorológicas	33
4.2	Umidade do solo	36
4.3	Capacidade térmica volumétrica do solo	38
4.4	Temperatura do solo	39

4.5	Atributos físicos do solo	44
4.6	Correlação entre a temperatura, atributos físicos e capacidade térmica do solo	47
4.7	Distribuição e estabilidade de agregados em água	52
4.8	Atributos químicos do solo.	55
5	CONCLUSÕES	61
	REFERÊNCIAS	62
	ANEXOS	69

1 INTRODUÇÃO

O aumento na amplitude de variação da temperatura do solo observado em superfícies expostas à radiação solar ocorre devido à ausência de cobertura vegetal. A importância da temperatura do solo como fator meteorológico pela transferência de energia entre o solo e atmosfera, e sua interação com as plantas. Devido ao fluxo de calor no solo, a temperatura exerce influência em seus processos físicos, químicos e biológicos, onde seu comportamento pode ser representado por um modelo analítico exponencial-senoidal em uma dimensão, como função do tempo e da profundidade, apresentando variações anuais com a sazonalidade, e diárias, ambas com amplitude constante.

A redução da amplitude térmica está entre os desafios para favorecer a biologia e a conservação da umidade para melhorar os atributos físicos e químicos dos solos. Com o estabelecimento de cobertura e aplicação de insumos entre outros condicionadores, a utilização de lodo de esgoto tem se mostrado viável juntamente com o plantio de gramínea, reduzindo a temperatura do solo em plantios de eucalipto. Entre outros benefícios podem-se destacar os efeitos positivos sobre os atributos físicos e químicos de um solo degradado (ALVES et al., 2007; MARTINS; POGGIANI, 2007). Esses mesmos resultados também foram reportados por Kitamura et al. (2008), destacando melhorias na qualidade de um Latossolo Vermelho degradado quando realizado preparo e utilizado cobertura com adubos verdes, gramínea e lodo.

Nos sistemas de produção a cobertura e o manejo alteram as condições físicas no solo, interferindo nas condições térmicas, que assumem importância para as reações bioquímicas. Por exemplo: a germinação de sementes, divisão celular, crescimento de raízes, alteração da viscosidade da solução e absorção de água e nutrientes, acelerando a decomposição da matéria orgânica e reduzindo a atividade microbiana (MENDES; REIS JUNIOR, 2004). Além destes fatores influencia também a ocorrência de geadas e a formação de orvalho (JORGE, 1985; VIANELLO; ALVES, 2000).

Nos solos de cerrado são necessárias as adoções de tecnologias, adaptações e recomendações dentro do enfoque conservacionista, devido às suas características edafoclimáticas (FRANZ et al. 2000; SOUSA; LOBATO 2004). Em se tratando da recuperação dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, pode-se citar a escolha de espécies agressivas como gramíneas e a aplicação de resíduos que apresentam altos valores de

nutrientes e matéria orgânica prontamente disponível. Nesse contexto, Caldeira Júnior et al. (2007) observaram influências no crescimento de gonçalo-alves com a aplicação de lodo de esgoto. Barbosa et al. (2004) destacaram efeito positivo do lodo, por aumentar a condutividade hidráulica do solo. O crescimento de plantas superiores ocorre entre potenciais de -0,3 a -0,15 bar, e a decomposição da matéria orgânica entre -0,2 e -0,5, para a manutenção de cobertura a aplicação de insumos são benefícios dependentes da interação de microrganismos e a umidade constitui o principal veículo (VARGAS; HUNGRIA, 1997).

Como a implantação de cobertura vegetal com aplicação de resíduos na agricultura como condicionadores de solo têm demonstrados efeitos positivos, sua utilização na redução da amplitude térmica pode apresentar-se viável, principalmente quando associada a culturas perenes. Embora a temperatura em áreas degradadas não venha recebendo a devida importância, analogicamente o fluxo de calor é semelhante à condutividade hidráulica no solo, e tanto a umidade como a temperatura são fatores importantes no estabelecimento das plantas. Portanto, descrever as variações de temperatura em função das coberturas e sistemas de manejo pode contribuir para a geração de tecnologias a serem adotadas na reabilitação de áreas degradadas e retorno de seu potencial produtivo.

Considerando o potencial da cobertura vegetal em proteger e condicionar o solo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a temperatura e alguns atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho degradado em recuperação com adubos verdes, gramínea e lodo de esgoto, cultivado com gonçalo-alves.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Solo e atmosfera

De toda energia solar interceptada pela superfície do planeta 31% é refletida de volta para o espaço e 69% é absorvida, essa energia absorvida e emitida para o espaço por ondas longas é responsável pelo equilíbrio térmico do planeta. O Albedo Planetário (31%) corresponde ao coeficiente de reflexão da superfície do solo para a radiação de ondas curtas, e pode apresentar variações conforme o teor de umidade, a coloração e tipo de cobertura do solo. Essa movimentação em determinada superfície representa o balanço da radiação correspondente à contabilização líquida da energia recebida e perdida para a atmosfera (OMETO, 1981).

Considerando a dinâmica da atmosfera Pereira et al. (2002) destacam como fatores meteorológicos a radiação global, temperatura do ar, nebulosidade, ventos e chuva, e ainda fatores relacionados ao local como, a influência da cobertura sobre a superfície, o relevo e tipo de solo. Na superfície Marshall e Holmes (1988) afirmam que no solo a interceptação pela cobertura, é responsável pela quantidade de calor absorvida e diminuição da temperatura, onde solos expostos à incidência de energia solar, a propagação de calor resulta em maiores temperaturas. Em solos de cerrado são descritas temperaturas médias elevadas, superiores a 40°C e podendo chegar a 60°C na superfície, um fator que tem limitado a fixação biológica de nitrogênio nos trópicos, principalmente nas fases iniciais das culturas (VARGAS; HUNGRIA, 1997).

Como a quantidade de calor absorvida pelo solo é basicamente determinada pelo total de radiação efetiva que atinge a superfície, essa por sua vez depende do clima predominante e das condições de cobertura (BUCKMAN; BRADY, 1974). Entre as influências da temperatura na litosfera a exposição das rochas dá-se início à processos dos quais decorrem inúmeras modificações no aspecto físico e na composição química dos minerais, como o aquecimento pela radiação solar e resfriamento pela água da chuva, o que juntamente com a ação de organismos causam o intemperismo de rochas e a formação do solo (LEPSCH, 2002).

A superfície do solo recebe e cede calor, respectivamente por meio de radiações das ondas curtas e longas, como também por calor sensível ou latente para a atmosfera. Como a energia incidente sobre a atmosfera causa variações alterando o comportamento das

substâncias no meio ambiente, no solo exerce influência na maioria de seus processos físicos, químicos e biológicos, assumindo importância na biosfera de nosso planeta como fonte primária de toda energia (ELIAS, 2004; VIANELLO; ALVES, 2000).

A temperatura do solo consiste de um indicador do estado energético e a complexidade de seu substrato físico, químico e biológico, e a interação entre a fase líquida e a difusão de gases torna difíceis considerações quanto a seu comportamento (PRIMAVESI, 2002). Exemplos da troca de calor entre atmosfera e solo foram destacados como na pedogênese, causando a contração e a expansão da superfície das rochas, devido aos diferentes coeficientes de dilatação dos minerais, ocasionando a ruptura da rede de cristais e conseqüentemente a fragmentação da estrutura, outro exemplo está na fotossíntese, o único processo responsável por assegurar grande parte das formas de vida, realizada por plantas, algas e alguns tipos de bactérias (LUCHESE et al. 2002; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Entre outras reações devido a essas trocas energéticas de calor da superfície para a atmosfera, pode-se citar a sua movimentação por meio do deslocamento de massas de ar e nuvens, além de fenômenos climáticos, onde somente 2% da energia incidente é utilizada, e atua de forma específica para cada sistema. O vapor de água constitui importância na atmosfera, não somente por ser matéria-prima para a formação de nuvens, mas, por ser considerada a maior fonte de energia latente da atmosfera tropical. O transporte como calor latente e liberação como calor sensível, indicam que seu fluxo pode atuar tanto vertical quanto horizontalmente na atmosfera e no solo, influenciando fenômenos meteorológicos, o balanço de energia e a temperatura da superfície. Uma resposta da superfície do solo à incidência de energia solar pode ser observada pela variação pronunciada da temperatura durante o dia, sendo que nesse período o solo atua como um reservatório de calor. A noite, em virtude da perda de radiação da superfície para a atmosfera o solo esfria rapidamente, dessa forma ocorre a retirada de energia pelo ar atmosférico resfriando-o próximo a superfície, o que provoca em seu interior a inversão dos gradientes térmicos (GASPARIM et al., 2005a; VIANELLO; ALVES, 2000).

2.2 Comportamento térmico do solo

A temperatura do solo é considerada uma resposta de seus atributos físicos é relacionada à diferença na intensidade de absorção (devido à cor), condutividade térmica

(considerando compactação e umidade) e as variações no calor específico de seus constituintes (minerais e água). Sendo destacada a importância da textura e da estrutura na absorção de energia radiante, havendo limitações nos primeiros milímetros superficiais, sendo, portanto, mais energético o solo quanto maior for a quantia de energia absorvida pela superfície (OMETO, 1981). Vários fatores como a composição mineralógica, densidade e umidade, cor na superfície, estrutura e teor de matéria orgânica influenciam o comportamento térmico, e merecem importância por caracterizar o processo de transferência de energia térmica entre os sistemas. Mesmo em solos descobertos, com o aquecimento da superfície são notados decréscimos da temperatura com o aumento da profundidade, isso demonstrando a baixa eficiência do solo em conduzir calor, devido a forma de organização de seus constituintes (ELIAS, 2004).

Enquanto alguns materiais transferem imediatamente a energia recebida outros não o fazem. Como no solo esses materiais encontram-se misturados em maior ou menor proporção, a transferência energética no solo é bastante diferenciada, dependendo do montante líquido de calor absorvido, da energia específica das frações que o compõem, necessária para mudança de temperatura, e da transferência de energia capaz de alterar o estado físico da água. Devido à complexidade de sua constituição, no solo consideram-se suas frações minerais e orgânicas sólidas, juntamente com a água e o ar retidos em sua estrutura na determinação de suas propriedades térmicas, principalmente na determinação da capacidade térmica volumétrica (SCHNEIDER, 1980; VIANELLO; ALVES, 2000).

Dessa forma, a propagação de calor proporcionada pelas propriedades térmicas é diretamente relacionada aos tributos físicos do solo, considerando a textura, a densidade, distribuição de poros e umidade, que merece destaque por apresentar maiores variações de um solo para outro, como dentro de um mesmo solo (SCHNEIDER et al., 1980). Entre as propriedades térmicas o calor específico, a difusividade térmica e a condutividade térmica são específicas da natureza molecular das substâncias, e no solo o seu arranjo e distribuição são capazes de ditar o regime de temperatura do solo em função do fluxo de energia.

Solos arenosos tendem a ser mais secos, com condutividade térmica e calor específico menor que solos argilosos, assim, a superfície aquece rapidamente e ocorre uma transferência de calor reduzida em profundidade. Consequentemente, esses solos emitem mais energia e resfriam-se mais rapidamente na superfície à noite, conservando uma maior temperatura em seu interior devido à baixa reposição no fluxo em direção a superfície, dada pela má

condutividade térmica. Em contrapartida os solos argilosos apresentam uma melhor absorção e transferência de energia da superfície para o interior devido ao seu alto calor específico, ocorrendo um menor aquecimento em superfície, devido sua alta condutividade térmica, e uma maior reposição de calor para a superfície à noite ocasionando um menor resfriamento na superfície (OMETO, 1981; REICHARDT e TÍMM, 2004; SCHNEIDER et al., 1980; VIANELLO; ALVES, 2000;).

Influências da textura observada em condições de campo demonstram aumento da condutividade térmica com a umidade nos solos argilosos, devido à maior retenção de água, porém, a mineralogia em solos arenosos influenciada pela umidade é responsável por maiores valores de condutividade térmica, outro fator que contribui para o aumento na condutividade térmica é a compactação, por alterar o fluxo de calor no interior do solo. Com isso, o manejo empregado pode contribuir para o aumento da condutividade térmica do solo, principalmente próximo à superfície, como é o caso de sistemas com pastagem onde a taxa de lotação animal é excedida e o pastejo feito em condições inadequadas de umidade. Em relação à compactação por máquinas, essas ocorrem a uma profundidade maior e a amplitude de temperatura encontra-se mais próxima aos valores médios de temperatura.

Em relação à umidade do solo, com o aumento de sua temperatura ocorre a elevação da energia cinética das moléculas de água conduzindo à sua dispersão, fazendo com que aumente sua viscosidade e velocidade de infiltração. Como a distribuição do tamanho de poros pode reduzir os fluxos de água, calor e gases, em sistemas agrícolas de produção esses fatores alteram o comportamento e distribuição das raízes, reduzindo o desenvolvimento e produtividade das plantas (COLLARES et al., 2006; ELIAS, 2004; OMETO, 1980).

Considerações quanto à condutividade térmica nos solos destacam que essa propriedade nos minerais é maior que na água, e por sua vez, superior a da matéria orgânica. Dessa forma o calor é transferido mais lentamente em solos úmidos e que contém valores significativos de matéria orgânica, quando comparado a um solo predominantemente mineral como é o caso de solos degradados bem drenados. Como a energia transferida através de sólidos é uma das razões pela qual em corpos mais densos a condução ocorre com maior facilidade (SERWAY, 1996), a temperatura do solo compactado de áreas degradadas será maior tanto em superfície quanto em profundidade.

Entre as propriedades térmicas do solo, o calor específico (C_p) corresponde à energia para elevar a temperatura da unidade de massa do solo em 1°C , portanto, quanto maior o C_p ,

maior a energia necessária para aquecer uma substância. No solo esse valor depende da textura, estrutura e umidade. Sendo característico da natureza de sua composição atômica, de forma que quanto maior for a quantidade de energia requerida por uma substância para que ocorra mudança em sua temperatura, maior será seu calor específico (LUCHESE et al., 2002).

O parâmetro que relaciona a capacidade de condução e o armazenamento de energia no solo é dado pela difusividade térmica, que expressa a velocidade com que ocorre o avanço da frente de aquecimento do solo. Tanto a temperatura quanto a resistência mecânica à penetração são controladas pela umidade, e sofrem influências da densidade. Com o alto calor específico da água, solos úmidos estão menos sujeitos a maior variação térmica durante o dia, em relação aos solos secos (BRANDÃO et al., 2003; MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Solos com maiores teores de matéria orgânica apresentam menores valores de difusividade térmica. Porém, em solos adensados e compactados os valores de difusividade aumentam com o aumento da condutividade térmica, sendo que o aumento da umidade contribui para um aumento da difusividade atingindo um ponto máximo e depois decrescendo, em função do aumento na capacidade térmica. Considerando uma maior condutividade térmica ocorre uma menor variação da temperatura na superfície do solo e um maior armazenamento de calor em seu interior.

2.3 Temperatura do solo

Na área agrônômica a maioria dos estudos contempla aspectos relacionados à germinação e crescimento de plantas em culturas exploradas comercialmente. Entretanto, ocorre a necessidade de investigação quanto ao comportamento termodinâmico no solo para inferir sobre os sistemas utilizados para a recuperação de áreas degradadas (BRAGAGNOLO; MIELNIKZUK, 1990; MALUF et al., 2001). Como as práticas agrícolas adotadas para diminuição da temperatura do solo são relacionadas à cobertura, destaca-se a importância da conservação dos resíduos vegetais, onde os sistemas de plantio direto ganham destaques pela ocorrência de temperaturas com valores de 5°C a 10°C inferiores à registrada em sistemas convencionais, e esse controle é responsável pela sobrevivência de microrganismos, e favorecendo as simbioses e a nodulação de plantas, o que eleva a eficiência da fixação biológica de nitrogênio principalmente em espécies leguminosas em solos de cerrado (VARGAS; HUNGRIA, 1997).

Segundo Moreira e Siqueira (2002) as reações fisiológicas e as características físico-químicas do ambiente com temperaturas entorno de 28°C fazem com que os microrganismos atinjam o máximo de suas reações no solo, enquanto que abaixo de 25°C e acima de 35°C ocorrem decréscimos acentuados. Nos primeiros 5 cm superficiais, ocorrem flutuações entre 15 e 18°C, enquanto que, a 10 cm as flutuações são menores, entre 8 a 10°C, chegando entre 1 a 2°C na profundidade de 30 cm. Vianello e Alves (2000) citam variações verticais da temperatura do solo para o período de 24 horas, observando que, a ampla variação na superfície contrasta com a convergência dos valores no perfil em profundidade.

Segundo Bragagnolo e Mielniczuk (1990) a energia solar é refletida da mesma forma, tanto pela cobertura vegetal quanto pelos resíduos culturais em superfície. Os efeitos dos restos culturais influenciam tanto pela quantidade como pela qualidade da cobertura, proporcionando diminuição da temperatura do solo e aumento da infiltração. As oscilações da temperatura diminuem com a preservação de restos culturais em superfície influenciando na reflexão e absorção da radiação solar, sendo considerada uma superfície irradiante e isolada termicamente do solo, capaz de reduzir a temperatura em superfície e sua variação ao longo do tempo, como é o caso da perda de água para a atmosfera (MORAIS et al., 2001).

Para culturas anuais como a soja, a importância da preservação da palhada sobre a superfície deve-se a manutenção da temperatura média do solo adequada para a germinação da cultura sendo de 25° C, devendo variar entre 20°C e 30°C. Temperaturas inferiores a 18°C reduzem a velocidade dos processos bioquímicos nas sementes, sendo prejudiciais da mesma forma que temperaturas superiores a 40° C. Com relação a nodulação e fixação de nitrogênio pela soja, a temperatura do solo ideal encontra-se entre 27°C e 32°C (EMBRAPA, 2004). Dessa forma, a temperatura do solo constitui um importante fator por afetar as reações bioquímicas como a germinação e o desenvolvimento das raízes e da planta entre outros processos que ocorrem no solo (REICHARDT; TÍMM, 2004).

Gasparim et al. (2005a) estudando duas densidades de cobertura morta com aveia preta, sendo 4.000 e 8.000 kg ha⁻¹, concluíram que, quanto maior a densidade de cobertura sobre o solo, menor será sua variação de temperatura no perfil, sendo observado que para a profundidade de 40 cm, tanto sob as densidades de cobertura quanto para solo nu a temperatura apresenta-se estável. Bragagnolo e Mielniczuk (1990) citam que o efeito da cobertura morta utilizando palha de trigo na superfície do solo, reduz a temperatura entre 0,6°C e 1,3°C na profundidade de 5 cm por tonelada de cobertura, conforme a insolação e

umidade do solo. Esses autores observaram ainda que, nos sistemas que receberam maiores doses de cobertura de palha, a umidade volumétrica do solo apresentou de 8 a 10 unidades percentuais acima em relação ao solo descoberto. Dessa forma, a cobertura além de retardar o aquecimento do solo através da proteção mantém uma maior umidade, adicionando material orgânico decomposto o que eleva os teores de húmus no solo. Associado à presença de água ocorre o aumento da capacidade térmica volumétrica do solo, retendo mais calor na superfície e evitando uma maior transferência de energia para o interior (SALTON, 1991).

Buckmann e Brady (1974) destacam a importância da redução da amplitude térmica do solo feita por coberturas vegetais, além de auxiliar na diminuição de temperatura atua na conservação da umidade assegurando as modificações biológicas vitais no solo. A temperatura do solo, reduzida pela cobertura morta e ou ampliada em solo nu, apresenta esse comportamento como a principal diferença entre as regiões de clima tropical e temperado, onde tanto os processos relacionados ao solo e fisiológicos nas plantas ocorrerem com maior intensidade, ocasionando aumento nas taxas de produção primária e degradação dos compostos orgânicos (GASPARIM et al., 2005b).

Durante o intervalo entre o plantio das culturas principais, a escolha de espécies para a cobertura vegetal do solo, seja na forma de adubação verde ou para formação de cobertura morta, deve-se dar importância à quantidade de biomassa que será produzida pela cultura, com preferência por espécies fixadoras de nitrogênio, a ser introduzidas continuamente, principalmente em solos degradados onde maiores temperaturas dificultam a sobrevivência de microrganismos (EMBRAPA, 2004). Como a intensidade dos cultivos resulta na degradação do solo devido ao manejo inadequado, a utilização de leguminosas além da fixação biológica de nitrogênio pode ser observada nos atributos físicos, como densidade, porosidade total, estabilidade de agregados e teores de carbono orgânico (NASCIMENTO et al. 2005). Nos sistemas com menor revolvimento do solo o acúmulo de resíduos vegetais na superfície promove a manutenção e recuperação dos atributos do solo (DA ROS et al., 1997). A grande quantidade de resíduos com relação carbono/nitrogênio (C/N) moderada auxilia na estruturação do solo por longos períodos por meio da ação microbiana e adição de compostos orgânicos fornecendo proteção contra o impacto das gotas de chuva e das altas temperaturas (CAMPOS et al., 1995).

Nesse sentido, a dinâmica entre os fluxos de energia e matéria, é capaz de reordenar os atributos físicos e químicos, e elevar a atividade biológica. A diminuição da temperatura na

reabilitação de áreas pode ser otimizada por meio da utilização de pastagens. Entre os efeitos pode-se citar a intensa produção e manutenção de palha em superfície e sistema radicular abundante, que atua na proteção e estabilidade de agregados. Em sistemas de integração lavoura-pecuária, independentes da profundidade avaliada, são observados maiores agregados, assim como, uma elevação de seu percentual no solo, possivelmente atribuído à gramínea (SALTON et al. 2005).

2.4 Utilização do lodo e coberturas vegetais para proteção do solo

O lodo de esgoto proveniente de estações de tratamento de esgoto doméstico apresenta compostos inorgânicos e orgânicos, e elevados teores de matéria orgânica facilmente decomposta, além do potencial para influenciar na melhoria da qualidade química e física do solo (JIMENEZ et al., 2004; MARTINS; POGGIANI, 2007). Compostos inorgânicos existentes nesses resíduos, requerem tratamentos químicos para a remoção de suas cargas, pois podem influenciar no processo biológico durante sua utilização devido ao acúmulo de metais pesados, impondo sérios problemas quanto à toxicidade severa para plantas e atividade microbiológica (LEMAINSKI; SILVA, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2004).

O tratamento desses resíduos os torna adequados para serem empregados em sistemas florestais como na colonização micorrízica em *Stryphnodendron polyphyllum* favorecida com aplicação de lodo, assim como, a adição do resíduo misturado ao substrato em espécie arbórea do cerrado *Astronium fraxinifolium*, favorecendo o incremento em altura de plantas (CALGARO et al., 2008; SILVA et al., 2005). Características de indivíduos de *Astronium fraxinifolium* Schott., da Família Anacardiaceae, conhecida popularmente como gonçalo-alves, possuem maior exigência luminosa para formar a estrutura inicial no processo de reabilitação de áreas degradadas (MORENO; SCHIAVINI, 2001). Essa espécie ocorre no cerrado, desde o estado de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e vai até o Pará, podendo atingir de 8 a 12 m de altura, sendo sua madeira comercializada por apresentar característica de grande durabilidade, empregada na construção civil, naval, indústria farmacêutica, e moveleira, além de acabamentos finos. Por ser uma espécie pioneira, apresentando desenvolvimento em ambientes rochosos e secos, essa espécie característica de cerrado apresenta potencial para recompor povoamentos florestais em sistemas objetivando a recuperação dos atributos do solo (LORENZI, 2002).

O uso de lodo em curto prazo proporciona uma adubação mais eficaz, associado à adição de resíduos vegetais promove o aumento da atividade microbiana do solo em áreas degradadas (KITAMURA et al., 2008; LIMA et al., 2008). Campos e Alves (2008) destacam que o efeito da aplicação de biossólido influenciou não só sobre o crescimento da espécie utilizada em cobertura, como sobre os atributos físicos densidade, macroporosidade e porosidade total em um Latossolo Vermelho durante sua recuperação. Kitamura et al. (2008) avaliando revegetação em solo com gonçalo-alves e o efeito de adubos verdes e lodo de esgoto em Latossolo Vermelho degradado, também verificou modificações positivas nos atributos químicos e físicos do horizonte superficial, sendo a adubação em curto prazo eficaz. Influências positivas na altura da parte aérea, diâmetro do coleto e área de projeção da copa em gonçalo-alves também foram destacadas por Caldeira Júnior et al. (2007) durante a recuperação de área degradada. Esse autor destaca que a aplicação de silício com biossólido não se correlacionou com a espécie arbórea, porém, houve uma interação melhor observada para as gramíneas que foram utilizadas na entrelinha em consórcio com a espécie arbórea gonçalo-alves.

Kitamura et al. (2008) concluiu que a densidade do solo é a propriedade física mais sensível para detectar mudanças relacionadas à recuperação dos atributos físicos. Silva e Kato (1997) verificaram influências da cobertura em solos sob vegetação nativa, onde a macroporosidade e a condutividade hidráulica foram, cerca de 20 vezes maior quando comparada com sistema cultivados, como sistema de plantio direto, e 3 vezes maior do que no sistema convencional. Brandão et al. (2003) utilizando biossólido como condicionador dos atributos físicos do solo, destacou influências na agregação do solo até a profundidade de 10 cm e, alteração do diâmetro médio dos agregados, porém, o mesmo efeito benéfico no solo não foi observado para a resistência à penetração por Souza et al. (2005). Segundo Barbosa et al. (2004) o efeito positivo do lodo sobre o diâmetro médio ponderado e geométrico, estabeleceu um bom índice de estabilidade de agregados, sendo superior a 87% em Latossolo Vermelho.

Resultados da aplicação de biossólido na cultura do milho em Latossolo descritos por Lemainski e Silva (2006), revelaram que, o biossólido foi 21% mais eficiente que o fertilizante, proporcionando maiores produtividades na dose de 37,8 t ha⁻¹, assim como, um efeito tanto imediato quanto residual como fertilizante natural. A eficiência em favorecer a agregação do solo, contribui não só com a matéria orgânica, mas também com cátions (Ca²⁺ e

Al^{3+} dentre outros) unindo as partículas do solo e aumentando o seu volume (Melo e Marques, 2000). Favaretto et al., (2000) avaliando adubação mineral e orgânica e forrageira, em área degradada, descreveu melhorias nos atributos químicos do solo principalmente em superfície, destacando efeito das adubações e corretivos aplicados, associados à reciclagem de nutrientes, proporcionando elevação nos teores de Ca, Mg, K e P em superfície. Diversos autores como Vargas e Hungria (1997), Roscoe et al. (2006), Caldeira Júnior (2007), Colodro et al. (2007), Alves e Souza (2008), Campos e Alves (2008), Kitamura et al. (2008) destacam as vantagens da utilização de biossólidos associada à cobertura vegetal arbórea e adubação verde, por favorecer um conjunto de propriedades emergentes relacionadas à química, por meio de alterações no teor de matéria orgânica, pH, CTC, N, P, S, micronutrientes e aumento da estabilização da estrutura e retenção de água, assim como, demais atividades enzimáticas no solo aumentando a atividade microbiológica e a mineralização.

A utilização de espécies arbóreas adaptadas às condições edafoclimáticas garantem o sucesso de projetos. O controle da temperatura do solo no cerrado é importante para o estabelecimento da biologia, assim, a cobertura vegetal, adubação verde e aplicação de lodo de esgoto constituem fontes de nutrientes e matéria orgânica com rápida interação com a fração mineral do solo (CALDEIRA JÚNIOR et al., 2007; SOUZA et al., 2005). A cobertura vegetal associada a presença de resíduos em superfície como adubos verdes e aplicação de lodo de esgoto são destacados sobre a microfauna (COLODRO et al., 2007; VARGAS; HUNGRIA, 1997), onde o comportamento térmico descreve pequenas flutuações de temperatura na superfície, ocorrendo valores adequados ao desenvolvimento biológico (GASPARIM et al., 2005; REICHARDT; TÍMM, 2004).

Sistemas agro-florestais ganham destaque por considerar espécies arbóreas e herbáceas na melhoria da qualidade do ambiente, auxiliando na ciclagem biogeoquímica, importante processos na reabilitação de áreas degradadas (CARPANEZZI et al., 2000; GAMA-RODRIGUES et al., 2003; LIMA et al., 2008; PRIMAVESI, 2002). Estudos relacionados à temperatura do solo como os descritos nos trabalhos citando os efeitos das coberturas em plantio de eucalipto (MARTINS; POGGIANI, 2007) e pínus (DOMISH et al., 2001), em cobertura morta (BRAGAGNOLO; MIELNIKZUK, 1990; GASPARIM et al., 2005), assumem importância para a melhoria dos demais fatores edáficos de forma semelhantes às avaliações observadas para os atributos físicos, químicos e biológicos do solo por Barbosa et al., (2004); Caldeira Júnior et al., (2007), e Campos e Alves, (2008), entre outros.

Técnicas de manejo que reduzem impactos no solo iniciam-se com a proteção da superfície e diminuição da temperatura, principalmente nos trópicos, gerando benefícios sócio-econômicos e ambientais. Diante desse contexto Adiscott (2006) descreve o solo como um sistema aberto, por sua interação com as plantas e a atmosfera por meio de fenômenos climáticos, onde o fluxo de matéria e energia é regulado por processos internos e suas relações com o ambiente. Os fluxos de energia no solo não ocorrem somente na forma de radiação solar, mas pela adição de compostos orgânicos e trocas de calor, proporcionando a manutenção da vida garantindo a sustentabilidade dos agroecossistemas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Características do local da pesquisa

A pesquisa foi realizada na área experimental da Fazenda de Ensino e Pesquisa, Setor de Produção Animal, da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Ilha Solteira, situada no município de Selvíria-MS, entre as coordenadas geográficas 51° 22' de longitude oeste e 20° 22' de latitude sul, com altitude de 327 m. O experimento foi instalado sobre o horizonte B remanescente em uma área de onde se retirou uma camada de solo de 8,60 m de profundidade para utilização na fundação da parede da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira-SP. O solo é classificado como um Latossolo Vermelho distrófico, classe textural franco-argilo-arenoso (665, 79 e 256 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente), com argila de baixa atividade constituída por gibbsita e caulinita (Demattê 1980; Embrapa 2006) sendo a vegetação nativa da área constituída por cerrado.

3.2 Características meteorológicas

Segundo Köppen, o clima da região é do tipo Aw (tropical úmido), com chuvas concentradas de outubro a março, sendo o período mais seco de abril a setembro com médias anuais da região para precipitação pluvial, temperatura e umidade relativa do ar de 1.370 mm, 23,5° C e entre 70 e 80 %, respectivamente. Foram utilizados dados obtidos de uma estação meteorológica pertencente à Universidade Estadual Paulista, preferencialmente, a precipitação, a radiação global e horas de brilho solar, como referências das condições climáticas da região.

3.3 Delineamento e instalação dos tratamentos

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e cinco repetições, onde cada parcela ocupou uma área de 96 m² (12 x 8 m). Os tratamentos foram:

1. Gonçalo-alves + gramínea (*Brachiaria decumbens*) + lodo de esgoto (60 Mg ha⁻¹) - GA+B+L.
2. Gonçalo-alves + feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) - GA+FP;

3. Gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) - GA;
4. Gonçalo-alves + crotalaria (*Crotalaria sp.*) - GA+CR;
5. Solo Exposto (solo exposto sem técnicas de recuperação) sem preparo nem plantio da espécie arbórea gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) - SE;
6. Cerrado - CE

O experimento foi implantado em fevereiro de 2004, e o preparo da área constou de subsolagem até a profundidade de 0,40 m, e posterior revolvimento superficial com arado de aivecas, atingindo uma profundidade média de aração de 0,30 m. Foi realizada a correção do solo, com a finalidade de elevar a saturação por bases a 70 %, aplicando-se 1,2 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 70 %). Todos os tratamentos para recuperação do solo incluíram a espécie arbórea nativa de cerrado gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott), com espaçamento entre as árvores de 3,0 x 2,0 m, perfazendo 25 plantas por tratamento e 500 plantas em todo o experimento. Para o tratamento referente ao Solo Exposto o solo foi mantido exposto e sem técnica para recuperação, não sendo plantada a espécie arbórea de cerrado.

O lodo de esgoto foi distribuído manualmente nas parcelas e, em seguida, incorporado com uma grade aradora, sendo adquirido da Estação de Tratamento de Esgoto de Araçatuba (SANEAR), tratando-se de lodo de águas residuárias exclusivamente de esgotos domésticos. O resultado da análise do lodo é apresentado no Quadro 1, segundo Alves et al. (2007).

Quadro 1. Caracterização química e conteúdo de água do lodo utilizado.

MO	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Conteúdo de água
g dm ⁻³	-----g kg ⁻¹ -----					-----mg kg ⁻¹ -----					g kg ⁻¹	
200	71,26	18,79	15,14	11,06	3,44	7,78	16,4	160	960,6	115,7	583,5	0,85

Foi utilizada adubação verde, sendo semeadas nas entrelinhas da espécie arbórea nativa, obedecendo-se ao espaçamento de 0,50 m para o feijão-de-porco e crotalaria. A semeadura da braquiária foi a lanço (16 kg ha⁻¹ de sementes). O manejo dos adubos verdes foi realizado no florescimento, e nesse trabalho o feijão de porco foi semeado em 12/11/2008 e roçado no

início de fevereiro/2009, a crotalaria foi semeada em 28/01/2009 e cortada no início de março/2009, sendo ambos deixados à superfície.

3.4 Avaliação dos atributos físicos do solo

Foram coletadas amostras indeformadas com anel volumétrico, em três locais por parcela e 4 profundidades: 0,00 a 0,05, 0,05 a 0,10, 0,10 a 0,20, e 0,20 a 0,40 m (Figura 1).

Figura 1. Coleta de amostras com anéis volumétricos.



Fonte: Dados do próprio autor.

Os atributos físicos do solo analisadas foram: densidade do solo (D_s) e porosidade total (P_{total}), pelo método do anel volumétrico; microporosidade, pelo método da mesa de tensão com coluna de água de 60 cm; macroporosidade, por diferença entre a porosidade total e a microporosidade; densidade de partículas pelo método do balão volumétrico, todos os métodos foram realizados de acordo com Embrapa (1997). Com exceção para a análise de densidade de partículas coletada em janeiro de 2009, as demais amostras para atributos físicos e químicos foram realizadas nos período de janeiro/fevereiro de 2010, refletindo condições após seis anos da implantação do experimento na área.

3.5 Avaliação da estabilidade de agregados em água

Foram retiradas amostras indeformadas (torrões) em três profundidades: 0–0,05; 0,05–0,10; 0,10–0,20 m, também em três pontos por parcela. As amostras foram peneiradas com o auxílio de uma peneira com malha de 6,35 mm e 4 mm de abertura, de tal forma que os agregados separados passaram na peneira de maior abertura ficando retido na de menor

malha. Do material que passou através do primeiro crivo, mas que ficou retido no segundo retirou-se 40g da amostra e assim esta foi analisada segundo a metodologia de Angers e Mehuys (2000). Os resultados foram expressos em diâmetro médio ponderado (DMP) seguindo a fórmula:

$$DMP = \sum (C_{mm} P)$$

Onde: C é o centro de diâmetro de cada classe

P é a proporção da massa de cada fração de agregados estáveis em água em relação ao total da amostra. A porcentagem de distribuição de agregados foi calculada levando-se em consideração as classes de agregados com tamanhos de: 6,00-4,00; 4,00-2,00; 2,00-1,00; 1,00-0,5; 0,5-0,25 e <0,25 mm. A fórmula empregada para o seu cálculo foi:

$$P = (Mt - \text{Areia}) / [\text{Solo} / (1 + \text{Umidade})] - \text{Areia}] * 100$$

Onde: Mt - é a massa total dos agregados não dispersos coletados em cada fração, seca em estufa;

Areia - é a massa da areia coletada em cada fração, seca em estufa;

Solo - é a massa de solo dispersada dos agregados, seca em estufa;

Umidade é a umidade gravimétrica contida no solo.

3.6 Avaliação dos atributos químicos do solo

Coletaram-se amostras nas profundidades: 0,00–0,05; 0,05–0,10; 0,10–0,20; e 0,20–0,40 m, sendo cinco amostras simples para formar uma amostra composta dentro de cada parcela (Figura 2).

Figura 2. Amostras para análise de fertilidade do solo.



Fonte: Dados do próprio autor.

A análise dos atributos químicos foi realizada de acordo com a metodologia descrita por RAIJ e QUAGGIO (1983) sendo avaliados os teores de fósforo, potássio, magnésio e cálcio pelo método de extração com resina trocadora de íons. O teor de matéria orgânica foi determinado pelo método colorimétrico e o pH, em cloreto de cálcio, além da acidez potencial (hidrogênio + alumínio) a pH 7,0. Foram calculadas as somas de bases ($SB = Ca + Mg + K$), capacidade de troca catiônica ($CTC = SB + (H + AL)$) e saturação por bases ($V\% = (100 \times SB) / CTC$).

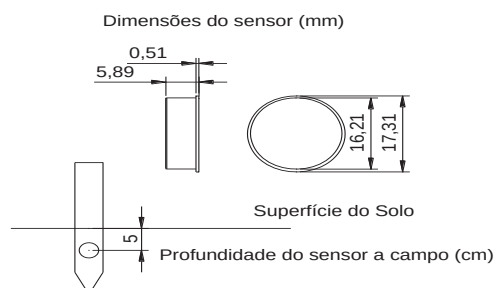
3.7 Avaliação da temperatura do solo

As medições da temperatura do solo foram realizadas de janeiro/2009 a janeiro de 2010, em diferentes épocas, totalizando 6 períodos sendo:

- 1) janeiro/fevereiro 2009 (verão);
- 2) abril/maio 2009 (outono);
- 3) agosto/setembro 2009;
- 4) setembro 2009;
- 5) final de setembro/outubro/novembro 2009; e,
- 6) dezembro/2009 a janeiro/2010.

Foram utilizados sensores *iButton ThermoChron*[®] instalados na profundidades de 0,05m, e programados para realizarem leituras a cada 30 minutos (Figura 3). Com este intervalo de tempo entre as leituras a capacidade de armazenamento dos dados no sensor foi de 40 dias. Foi utilizado um sensor por tratamento, instalados nas cinco parcelas do bloco 1 na área experimental, e um no Cerrado. Na Figura 4 pode-se observar um sensor instalado no tratamento com GA+FP. Os valores lidos pelos sensores foram gravados em bloco de notas e importados para Excel para apresentação dos dados obtidos e confecção de gráficos.

Figura 3. Especificações do sensor e da instalação do sensor no solo das parcelas experimentais.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 4. Sensor instalado na entrelinha do tratamento com Gonçalves-alves + feijão-de-porco.



Fonte: Dados do próprio autor.

3.8 Determinação da umidade do solo

Entre agosto/2009 e fevereiro de 2010 foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0,05 m para determinação da umidade gravimétrica, que ocorreram em dias alternados durante o período. As amostras foram pesadas e levadas à estufa a 105°C por 24 horas, e determinada a umidade gravimétrica (a base de massa).

3.9 Estimativa da capacidade térmica volumétrica do solo

Os valores para a capacidade térmica volumétrica do solo foram determinados pela adição das capacidades térmicas dos diferentes constituintes em 1 cm^3 , por meio da equação descrita em Reichardt e Timm (2004). Para Salton (1991) o efeito térmico da água assume importância devido ao seu alto calor específico, enquanto que o ar, por apresentar calor específico tão baixo pode ser desprezado. Assim:

$$C_{tv} = 0,4 (1 - \alpha) + \theta \cdot D_s$$

em que C_{tv} é a Capacidade térmica volumétrica ($\text{cal} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$), α a porosidade total, θ a umidade a base de massa, fixada a 13%, e D_s a Densidade do solo (g cm^{-3}) específico para cada amostra. Segundo Reichardt *et al.* (1965), Kersten (1949) e Demattê (1967), um valor médio de $0,16 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ pode ser tomado para a fração sólida de solos minerais, e considerando uma densidade de partículas média de $2,69 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, resulta em um valor médio de $0,4 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$.

3.10 Análise dos dados e correlação

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANAVA), e as médias quando significativas comparadas pelo teste de Scott-Knott (1974) no nível de significância de 5%. Os atributos químicos K, Ca, Mg, Al, SB, V e m, em todas as profundidades foram transformados por $\sqrt{x+0,5}$, para homogeneização das variâncias amostrais.

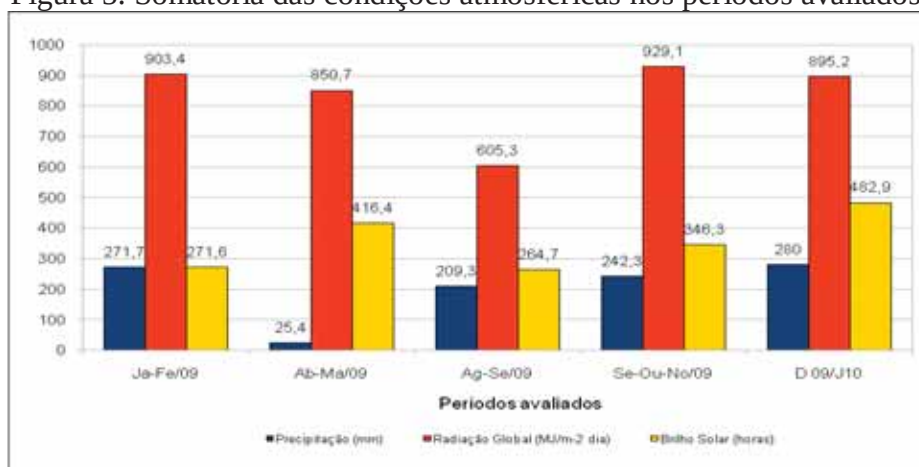
Determinou-se uma matriz de correlação linear simples, objetivando efetuar regressões para testar o nível de significância entre as combinações para temperatura, atributos físicos e capacidade térmica do solo, utilizando as ferramentas de análise disponíveis no software Excel[®].

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condições meteorológicas

A somatória dos fatores que representam as condições meteorológicas locais de precipitação, radiação global e brilho solar, são apresentados na Figura 5 para os períodos avaliados. Devido à sazonalidade e conforme a posição solar pode-se observar maiores valores para a radiação global nos períodos de janeiro e fevereiro/2009, e setembro, outubro e novembro/2009. Analisando o período de agosto a setembro/2009, nota-se um menor valor de radiação global incidente, o que indica a presença de nuvens devido a um adiantamento quanto ao início de precipitações para a região. Já a ausência de nuvens no outono, período de abril a maio/2009, permitiu que a radiação atingisse valores próximos ao observado para a condição do verão, entre dezembro/2009 a janeiro/2010.

Figura 5. Somatória das condições atmosféricas nos períodos avaliados.

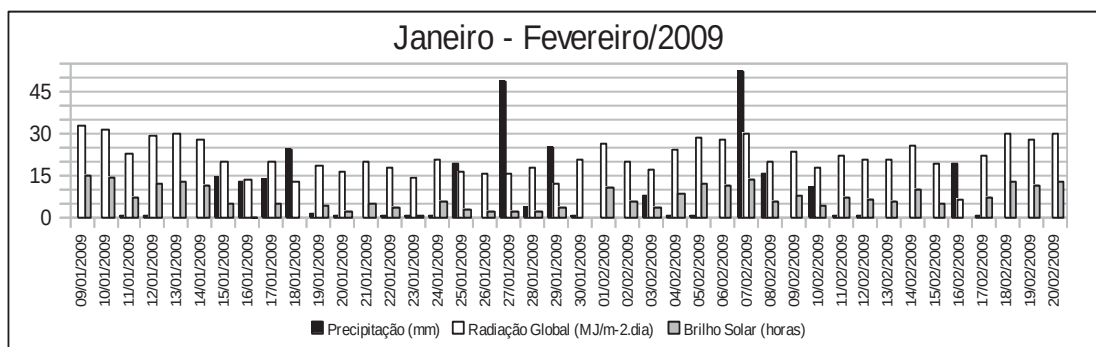


Fonte: Dados do próprio autor.

As variações dos fatores atmosféricos para cada período avaliado podem ser observadas para janeiro e fevereiro/2009, abril e maio/2009, agosto e setembro/2009, final de setembro, outubro e início de novembro/2009 e, dezembro/2009 a janeiro de 2010, nas Figuras 6 a 10, respectivamente. De modo geral a dinâmica da atmosfera ocorre em função da incidência de radiação como fonte de energia latente, o que ocasiona sua movimentação. Nos períodos que ocorrem maiores precipitações, pode-se observar que estão disponíveis os maiores saldos de radiação. Muito embora o evento pluviométrico ou fenômeno chuvoso ocorra com a presença

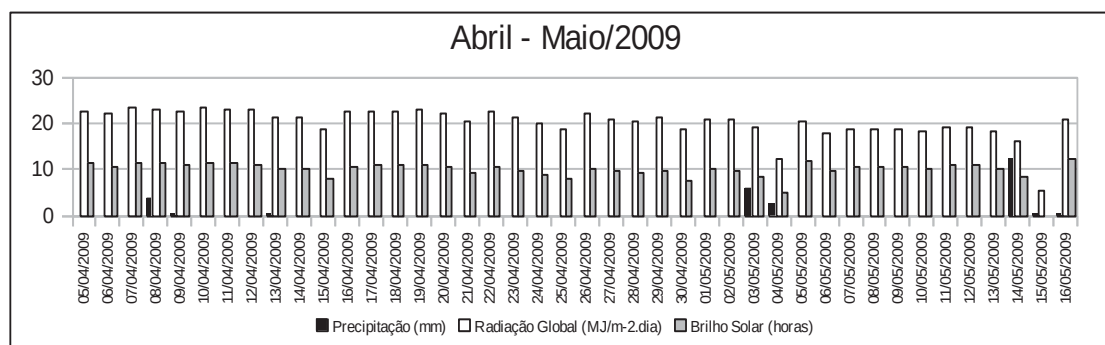
de nuvens, estas constituem barreiras físicas impedindo que a radiação chegue ao solo de forma direta, permitindo dessa forma que, somente a radiação difusa alcance a superfície do solo.

Figura 6. Condições atmosféricas de precipitação, radiação global e brilho solar incidentes para o período de janeiro a fevereiro/2009.



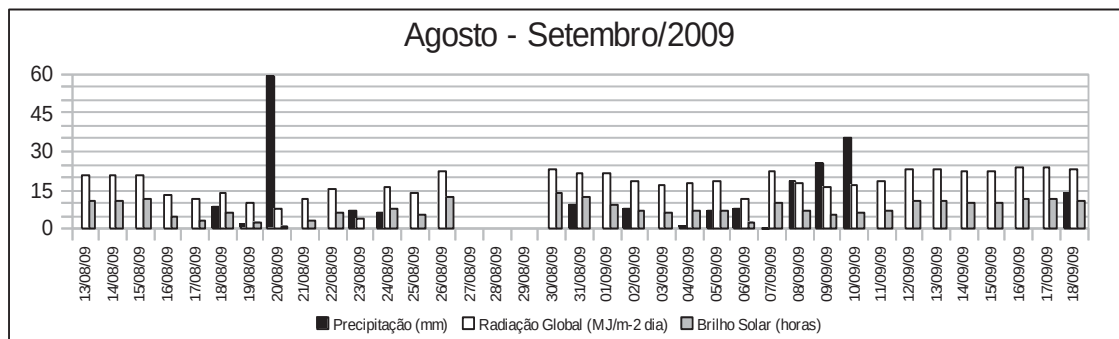
Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 7. Condições atmosféricas de precipitação, radiação global e brilho solar incidentes para o período de abril a maio de 2009.



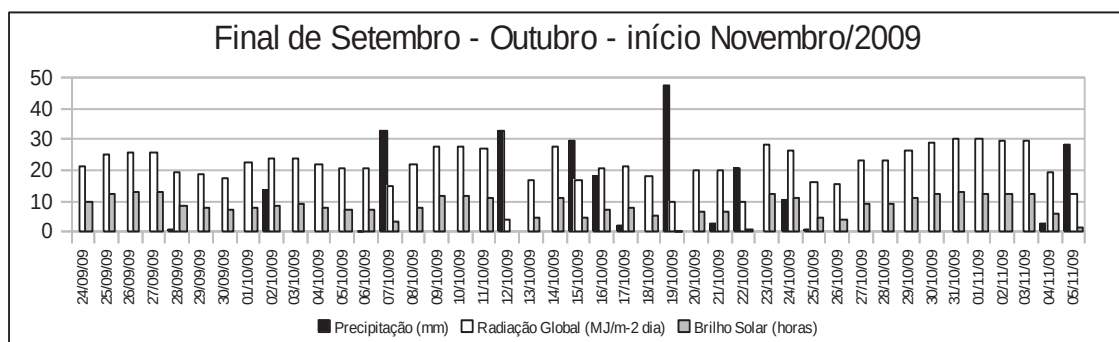
Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 8. Condições atmosféricas de precipitação, radiação global e brilho solar incidentes para o período de agosto a setembro de 2009.



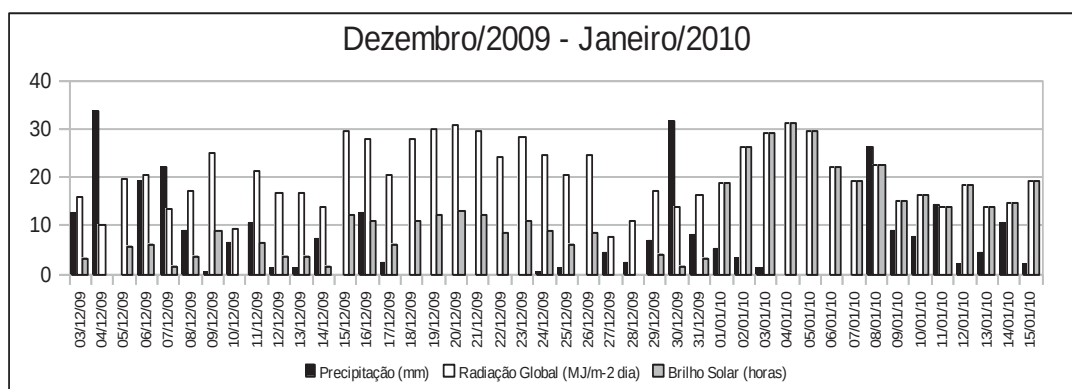
Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 9. Condições atmosféricas de precipitação, radiação global e brilho solar incidentes para o período final de setembro, outubro e início de novembro de 2009.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 10. Condições atmosféricas de precipitação, radiação global e brilho solar incidentes para o período de dezembro/2009 a janeiro de 2010.



Fonte: Dados do próprio autor.

A disponibilidade de água e energia no sistema implica em mudanças no ambiente, como o aumento da velocidade de desenvolvimento das plantas pela absorção de nutrientes do solo, com o aumento da fotossíntese. Em períodos com escassez de chuvas ou com menores precipitações, como é o caso de abril a maio/2009, pode se observar que a ausência de nuvens contribui não somente com o aumento da radiação global, mas, também, com que chegue com uma distribuição mais regular sobre a superfície.

Tanto a amplitude térmica de variação como a temperatura são menores em superfície cobertas para períodos de pleno sol, e diminuem ainda mais em períodos com nebulosidade. A importância da cobertura vegetal em atenuar a oscilação térmica é destacado por Trevisan et al. (2002) durante a fase vegetativa do pessegueiro. O fato de ocorrer redução nas precipitações não indica que o solo deva permanecer desprotegido nesse período, pois a presença de cobertura morta pode auxiliar na refletância da radiação de volta para a atmosfera, o que reduz a perda de água por evaporação.

4.2 Umidade do solo

Os valores obtidos para a umidade gravimétrica do solo podem ser observados no Quadro 2. Verifica-se que, com o aumento da cobertura vegetal ocorrem maiores valores de umidades no solo, indicando melhores condições no solo de CE e em GA+B+L.

Analisando os valores de umidade entre tratamentos, na condição natural apresentada no solo do CE ocorre uma maior conservação da umidade, relacionada à estruturação, e, também à proteção da cobertura vegetal devido ao dossel da vegetação nativa. Para o tratamento com GA+B+L o efeito da estruturação do solo pela adição de lodo e crescimento de raízes, principalmente nas camadas mais superficiais, associada à presença de cobertura vegetal permanente proporcionada pela gramínea, pode estar sendo responsáveis pelas condições de umidade, fazendo com que esse tratamento aproxime-se mais da condição natural, observada para o CE.

Quadro 2. Valores médios de umidade a base de massa do solo para os tratamentos na camada de 0,05 m, avaliados entre agosto/2009 e fevereiro/2010.

Tratamento	Umidade a base de massa
	—%—
GA+B+L	16,02 b
GA+FP	9,91 d
GA	11,54 c
GA+CR	11,27 c
SE	10,86 c
CE	20,54 a
CV (%)	16,05

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 0,05%. GA + B + L= Gonçalves-alves + Braquiária + Lodo; GA+ FP= Gonçalves Alves + Feijão-de-porco; GA+CR= Gonçalves Alves + Crotalaria; SE= Solo Exposto; e, CE= Cerrado.

A importância da manutenção da umidade está tanto no favorecimento da atividade microbológica, como na redução da temperatura do solo, por retirar calor na forma de energia latente por meio da evaporação, o que também contribui para o desenvolvimento de espécies colonizadoras, gerando ganhos para o sistema e favorecendo sua recuperação. Embora uma pequena quantidade de água seja mantida, esse ganho é significativo, e melhor evidenciado pelo tratamento GA+B+L por manter a cobertura vegetal permanente.

Não houve diferenças entre os tratamentos com GA e GA+CR, pois ambos apresentaram condições de umidade semelhantes à descrita para o SE. A situação foi mais crítica para o tratamento com GA+FP, que apresentou o menor teor de água no solo, estando abaixo do valor descrito em SE. Em sistemas preparados convencionalmente a perda de água do solo será favorecida tanto pela menor retenção quanto pela maior evaporação, devido ausência de cobertura vegetal e a desestruturação do solo (SALTON, 1991).

Como no CE e no tratamento GA+B+L foi observado maior estabilidade de agregados, nesses solos consequentemente ocorre uma melhoria significativa da infiltração de água. Esse efeito, além da matéria orgânica no solo, a aplicação de lodo e a presença de cátions (Ca^{+2} e Al^{+3}) são capazes de influenciar na agregação das partículas aumentando seu volume e favorecendo a infiltração. Já a manutenção da umidade, pode estar mais associada à presença de cobertura sobre a superfície do solo. Fancelli (1985) destaca que a cobertura vegetada morta dissipa por reflexão absorvendo parte da energia incidente, não permitindo que a

radiação atinja diretamente o solo, o que evita maiores perdas de água e elevação da temperatura a níveis prejudiciais ao desenvolvimento das plantas.

4.3 Capacidade térmica volumétrica do solo

São apresentados os valores para a capacidade térmica volumétrica do solo para todas as profundidades nos tratamentos avaliados, considerando o solo seco (0% umidade) e com umidade a base de massa fixada em 12% (Quadro 3).

Quadro 3. Valores médios estimados para a Capacidade Térmica Volumétrica do Solo com a umidade na Capacidade de Campo (13% umidade a base se massa) e solo seco (0% umidade).

Tratamentos	Capacidade térmica volumétrica			
	-----Cal cm ⁻³ °C ⁻¹ -----			
	Solo seco (0% umidade)			
Camada	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
GA+B+L	0,255 a	0,255 a	0,262 a	0,270 a
GA+FP	0,241 a	0,241 a	0,264 a	0,271 a
GA	0,256 a	0,253 a	0,259 a	0,270 a
GA+CR	0,255 a	0,242 a	0,248 a	0,266 a
SE	0,261 a	0,244 a	0,254 a	0,267 a
CE	0,206 b	0,204 b	0,215 b	0,213 b
CV %	5,33	6,23	4,10	2,78
F	12,47	7,78	15,79	50,78
Umidade a base de massa a 13%				
Camada	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
GA+B+L	0,462 a	0,463 a	0,480 a	0,510 a
GA+FP	0,439 a	0,442 a	0,485 a	0,511 a
GA	0,465 a	0,463 a	0,477 a	0,510 a
GA+CR	0,471 a	0,443 a	0,452 a	0,497 a
SE	0,490 a	0,451 a	0,472 a	0,505 a
CE	0,355 b	0,353 b	0,369 b	0,371 b
CV %	6,46	6,43	4,54	2,96
F	13,81	11,10	22,77	75,54

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 0,05%. GA + B + L= Gonçalves-alves + Braquiária + Lodo; GA+ FP= Gonçalves Alves + Feijão-de-porco; GA+CR= Gonçalves Alves + Crotalaria; SE= Solo Exposto; e, CE= Cerrado.

Em condições normais, a condução de calor no solo ocorre essencialmente por condução, conseqüentemente, as alterações em seus atributos físicos podem ser capazes de ditar o fluxo de calor para o seu interior influenciando na temperatura. Ao observarmos os valores para a capacidade térmica volumétrica do solo seco no Quadro 3, para todas as

profundidades os tratamentos utilizados para a recuperação do solo apresentaram maiores valores e não diferindo entre si, quanto aos valores apresentados, apenas em relação ao solo em CE.

Como a capacidade térmica ou calorífica do solo é descrita como o produto de seu calor específico pela massa, corresponde ao armazenamento de calor no solo (VIANELLO; ALVES, 2000). Os valores apresentados para a condição de solo seco refletem a capacidade térmica da fração mineral desses solos, onde certamente as condições de manejo e o material de origem exercem grandes influências sobre seu comportamento térmico. Enquanto o valor médio na superfície para o CE é da ordem de $0,206 \text{ Cal cm}^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, para os demais tratamentos esse valor situa-se entorno de $0,254 \text{ Cal cm}^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Entretanto, valores de $0,23 \text{ Cal cm}^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ para Podzólico Vermelho Amarelo foram apresentados por Schneider et al, (1980), indicando uma condição intermediária à descrita para os sistemas analisados (Quadro 3).

O aumento nos valores da capacidade térmica do solo em função da elevação da umidade para 13% ocorre devido a água apresentar maior calor específico ($1,0 \text{ Cal cm}^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) do que o ar ($0,00029 \text{ Cal cm}^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$). Ocorre uma redução da capacidade térmica do solo da capacidade de campo para a condição de solo seco. Dessa forma, pode-se observar que na camada de 0,20 a 0,40 m, com exceção do CE, todos os tratamentos apresentam valores entorno de $0,50 \text{ Cal cm}^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ mesmo a umidade não estando na capacidade de campo, ou seja, estimada a 13% a base de massa (Quadro 3).

Embora a condição do solo sob mata nativa no CE destaca o efeito da estruturação do solo, possivelmente os valores de densidade do solo poderiam estar influenciando na capacidade térmica, que é dependente de fatores como granulometria, densidade e estrutura do solo. Silans et al., (2006), citam que esses atributos não variam com o tempo, mas a capacidade térmica é mais sensível a variações rápidas de umidade, principalmente na superfície. Esperava-se que, o efeito da aplicação do lodo e a adição de matéria orgânica pela gramínea favorecem a estruturação e retenção de umidade, e que consequentemente influenciaria na capacidade térmica do solo no tratamento GA+B+L.

4.4 Temperatura do solo

A temperatura do solo para os períodos avaliados são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4. Temperatura média do solo na profundidade de 0,05 m nos tratamentos, registradas de janeiro/2009 a janeiro/2010.

Tratamento	Temperatura ° C	
	Janeiro/09	Fevereiro
GA+B+L	26,4 c	26,5 d
GA+FP	30,1 a	30,0 b
GA	-	-
GA+CR	28,5 b	28,5 c
SE	30,7 a	30,7 a
CE	24,5 d	24,9 e
CV (%)	5,34	3,15
	Abril	Maio
GA+B+L	25,1 c	23,2 b
GA+FP	31,0 a	27,7 a
GA	31,3 a	27,8 a
GA+CR	30,2 b	27,1 a
SE	-	-
CE	23,6 d	21,5 c
CV (%)	3,01	5,00
	Agosto	Setembro 1ª quinz.
GA+B+L	22,1 b	-
GA+FP	24,8 a	27,5 a
GA	-	26,4 b
GA+CR	24,4 a	26,8 b
SE	-	27,7 a
CE	20,6 c	23,0 c
CV (%)	4,52	2,63
	Setembro 2ª quinz.	Outubro
GA+B+L	24,7 c	25,8 c
GA+FP	27,5 a	28,7 a
GA	26,5 b	27,7 b
GA+CR	26,9 b	27,8 b
SE	27,9 a	29,0 a
CE	22,4 d	23,4 d
CV (%)	2,58	2,58
	Dezembro	Janeiro/10
GA+B+L	27,0 c	26,9 b
GA+FP	30,1 a	29,2 a
GA	29,2 b	28,4 a
GA+CR	29,2 b	28,8 a
SE	29,7 a	28,9 a
CE	24,9 d	25,0 c
CV (%)	4,55	3,28

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 0,05%. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 0,05%. GA + B + L= Gonçalves-alves + Braquiária + Lodo; GA+ FP= Gonçalves Alves + Feijão-de-porco; GA+CR= Gonçalves Alves + Crotalaria; SE= Solo Exposto; e, CE= Cerrado.

A temperatura do solo é influenciada pela intensidade de radiação solar, e sua amplitude varia de acordo com a intensidade de cobertura vegetal sobre a superfície, conforme o manejo empregado. Observando no Quadro 4 a temperatura do solo para janeiro/09 os maiores valores de temperatura ocorreram para SE e GA+FP.

Para fevereiro nota-se que os valores quase não apresentaram variações em relação a janeiro/09, mesmo assim, em fevereiro todos os tratamentos diferiram entre si, com o SE apresentando os maiores valores de temperatura do solo. Nesses dois meses de avaliação no CE foram registrados os menores valores para temperatura do solo, refletindo uma condição térmica natural do solo sob vegetação nativa nesse período. As condições meteorológicas para janeiro e fevereiro/09 observada na Figura 5 mostram um equilíbrio entre a intensidade de precipitações e as horas de brilho solar, sendo a disponibilidade de radiação alta para esse período. Os valores bem próximos entre as horas de brilho solar e precipitação que ditam a disponibilidade de energia no sistema podem ser responsáveis por essa igualdade de valores de temperatura entre os dois períodos, além de considerar o fato de os coeficientes de variação apresentarem-se baixos, o que indicam boa precisão na condução da avaliação da temperatura.

Observando os valores avaliados no período de abril (Quadro 4) os tratamentos GA+FP e GA apresentaram os maiores valores para a temperatura do solo, vale destacar ainda que nesse período a superfície do solo para esses tratamentos encontra-se desprovida de cobertura vegetal, devido ao corte dos adubos verdes serem realizados nos meses de fevereiro para o feijão de porco (GA+FP), e março para a crotalária (GA+CR). Souza et al. (2006) destacaram que essa influência na resposta térmica pode ser associada principalmente à cobertura vegetal diferentes entre os tratamentos. Analisando a Figura 5 no período de abril a maio, nota-se um aumento nas horas de brilho solar e uma redução acentuada da precipitação, embora o saldo de radiação solar também tenha reduzido, as temperaturas do solo em abril são superiores aos valores observados para os meses anteriores. Esse fato pode ser devido à redução de nebulosidade, destacada principalmente para o mês de abril na Figura 7, pois, se ocorreram redução de chuvas nesse período também ocorreu ausência de nuvens, esse fenômeno atmosférico ocasionou o aumento das horas de brilho solar durante o fotoperíodo.

Para o mês de maio os maiores valores para a temperatura do solo foram observados nos tratamentos GA+FP, GA e GA+CR, vale destacar que esses tratamentos encontram-se sem cobertura vegetal sobre a superfície do solo (Quadro 4). De forma geral, a temperatura do solo em maio é menor do que a observada para o período de abril, podendo estar relacionado à

declividade solar em relação ao hemisfério norte, sendo que a partir desse período começam a ocorrer baixas temperaturas na região. Tanto em abril quanto para maio os menores valores de temperatura foram observados no CE, porém, em maio pode-se observar de forma mais evidente que, a temperatura do solo nos tratamentos com cobertura vegetal permanente, como é o caso do CE e GA+B+L, é menor em relação aos tratamentos sem cobertura. Para Souza et al. (2006) as mudanças sazonais são capazes de influenciar no fluxo de calor médio do solo, e para áreas embaixo de florestas os valores desses fluxos são menores que comparados com pasto. Talvez esse efeito possa ser devido à ausência de dossel para interferir no saldo de radiação direta sobre o solo, em áreas como pastagens a cobertura encontra-se mais próxima à superfície e permitindo que um saldo maior de radiação direta incida sobre a superfície.

Bragagnolo e Mielniczuk (1990) destacam que sem qualquer tipo de cobertura o solo fica exposto a flutuações bruscas de temperatura e umidade, acarretando problemas com o manejo e estabelecimento das culturas. E conforme, Fancelli (1985) a cobertura morta é capaz de dissipar por reflexão ou absorver parte da energia incidente sobre o sistema reduzindo a perda de água para a superfície e aumento da temperatura a níveis desfavoráveis para o desenvolvimento biológico.

Pode-se observar que para as avaliações realizadas em agosto os valores de temperatura do solo são menores em relação a maio. Os maiores valores para temperatura do solo são observados nos tratamentos com GA+FP e GA+CR, e o menor valor observado para o CE (Quadro 4). Da mesma forma que o ocorrido em maio, os tratamentos que foram preparados convencionalmente com revolvimento foram responsáveis pelos maiores valores de temperaturas observados.

A partir do período de setembro 1^a quinzena, da mesma forma que observada elevação das médias de temperatura de setembro em relação a agosto, pode-se observar de outubro em relação a setembro, sendo esse efeito atribuído a sazonalidade com a declinação solar em direção ao hemisfério Sul, o que representa para a região o início do período de chuvas (Figuras 5 e 8). Nesse período os maiores valores de temperatura foram observados para os tratamentos SE e GA+FP, sendo o menor valor descrito para CE (Quadro 4). Não foram observadas diferenças entre os tratamentos GA e GA+CR, mesmo o solo estando revolvido e sem cobertura vegetal em GA+CR os valores de temperatura foram semelhantes ao observado para GA, onde mesmo com a presença da vegetação infestante, esta não foi capaz de reduzir

quantidade de radiação que incide sobre a superfície e influenciar na temperatura do solo na profundidade avaliada.

Ainda no Quadro 4, analisando os períodos avaliados referentes à 2ª quinzena de setembro, outubro e dezembro, de forma geral, destacam-se os maiores valores de temperatura do solo para os tratamentos GA+FP e SE, também não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos GA e GA+CR, sendo que no solo CE foram registrados os menores valores para a temperatura do solo. A condição do CE, com a proteção proporcionada pelo Dossel e cobertura vegetal morta sob a superfície são responsáveis por manter os menores valores de temperatura do solo.

A agricultura convencional subestima os efeitos diretos da temperatura ocasionada pela radiação solar na superfície, principalmente para a conservação da matéria orgânica e atividade microbológica (GASPARIM et al. 2005). Sendo para isso importante aproveitar as possibilidades de obter e reciclar resíduos orgânicos, como palhadas e restos vegetais, seja em sistemas de plantio direto ou agroflorestais. Dessa forma, Galvani et al. (2001) também destacam que, o fluxo de calor é responsável por alterar a temperatura no sistema assim como sua dinâmica, sendo altamente dependente da cobertura do solo. Para Oliveira et al. (2005) ocorrem oscilações mais expressivas quando o solo encontra-se descoberto e a direção do plantio facilita a exposição à insolação.

Para o período avaliado em janeiro/10 os maiores valores de temperatura do solo foram observados nos tratamentos GA+FP, GA, GA+CR e SE, os menores valores para temperatura foram observados para CE (Quadro 4). O tratamento com GA+B+L apresentou condição térmica intermediária entre as áreas sem cobertura vegetal nos tratamentos GA+FP, GA, GA+CR e SE, e com a presença de cobertura abundante juntamente com dossel em CE.

Pode-se destacar que o tratamento GA+B+L apresentou menores valores de temperatura do solo em relação aos tratamentos GA+FP e GA+CR com adubação verde. Provavelmente, esse efeito está associado à cobertura com braquiária, que foi eficiente na redução da temperatura do solo na superfície. A aplicação de lodo e o estabelecimento da gramínea foram importantes para proteção da superfície e diminuição da temperatura, o que favorece a recuperação do solo, não seja observada semelhança entre as temperaturas em GA+B+L e os apresentados para o Cerrado. Gasparim et al. (2005) concluíram que o efeito da cobertura é capaz de reduzir a temperatura do solo e suas oscilações até a profundidade de 0,20 m, indicando assim que o sistema tende a apresentar melhores condições de

estabelecimento e desenvolvimento das espécies vegetais. Gavande (1973) Salton (1991) citam que o efeito do manejo da palhada sobre a superfície do solo pode ter resultados positivos quanto a benefícios nos sistemas.

De certa forma, os valores de temperatura no CE apresentam menores variações em relação às áreas trabalhadas com culturas e que apresentam uma maior exposição do solo às variações dos fenômenos meteorológicos na atmosfera. Embora o tratamento GA+B+L tenha reduzido a temperatura em relação aos demais tratamentos com preparo convencional, a cobertura com gramínea foi a que mais aproximou os valores de temperatura do solo aos observados sob a condição de CE. Portanto, este trabalho está de acordo com o descrito por Wagatsuma et al. (2003) que destacam que a heterogeneidade da mata colabora para redução da amplitude de temperatura do solo em extremos, e as variações temporais em áreas agrícolas são maiores que as observadas em áreas de matas preservadas, como é o caso do CE, enquanto maiores variações de temperatura são observadas em áreas agrícolas tanto para o inverno quanto para o verão nas áreas de mata essas são maiores no inverno.

4.5 Atributos físicos do solo

No Quadro 5 são apresentados os valores de densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo para os tratamentos avaliados.

O solo da área após seis anos de instalação dos tratamentos sofreu alterações de seus atributos físicos em função do manejo empregado (Quadro 5). Dessa forma, os maiores valores de densidade do solo foram observados para os tratamentos GA+B+L, GA+FP, GA, GA+CR e SE para todas as camadas avaliadas, sendo semelhantes entre si. Silva et al. (2003) destaca que a passada do rodado eleva a densidade do solo e reduz a macroporosidade, sendo observado que em tráfegos posteriores, esses valores aumentam em subsuperfície, tanto na camada média de trabalho, de 24 a 27 cm, como, na camada de corte dos implementos.

Para o CE foi observado o menor valor para esse atributo para todas as profundidades. Embora possa existir variações entre os tratamentos empregados para a recuperação dos atributos do solo, estatisticamente estas não foram descritas pela análise dos dados. Possivelmente, esse efeito pode ser atribuído à variabilidade espacial das amostras coletadas nas áreas de estudo. Guimarães e Moreira (2001) verificaram redução da produção da parte aérea de gramínea com valores de densidade do solo a partir de $1,40 \text{ kg dm}^{-3}$, em Latossolo

Vermelho, já Camargo e Alleoni (1997) destacam que valores superiores a $1,55 \text{ kg dm}^{-3}$ são considerados críticos para solos franco argilosos.

Quadro 5. Valores de densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo para os tratamentos avaliados.

Tratamento	Densidade do solo			
	kg dm^{-3}			
	0,00 – 0,05m	0,05 – 0,10m	0,10 – 0,20m	0,20 - 40m
GA+B+L	1,59 a	1,60 a	1,68 a	1,84 a
GA+FP	1,52 a	1,54 a	1,70 a	1,84 a
GA	1,60 a	1,61 a	1,68 a	1,84 a
GA+CR	1,66 a	1,54 a	1,57 a	1,77 a
SE	1,76 a	1,59 a	1,67 a	1,82 a
CE	1,12 b	1,16 b	1,18 b	1,21 b
CV %	8,46	7,32	5,56	4,08
	Macroporosidade do solo			
	$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$			
GA+B+L	0,077 c	0,077	0,079	0,068
GA+FP	0,102 b	0,114	0,095	0,073
GA	0,071 c	0,068	0,077	0,065
GA+CR	0,095 b	0,082	0,073	0,066
SE	0,070 c	0,093	0,074	0,065
CE	0,168 a	0,111	0,098	0,078
CV %	22,13	28,71	23,83	26,09
		(n.s.)	(n.s.)	(n.s.)
	Microporosidade do solo			
	$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$			
GA+B+L	0,284 b	0,285 b	0,265 b	0,255 b
GA+FP	0,282 b	0,263 b	0,246 b	0,248 b
GA	0,287 b	0,297 b	0,274 b	0,259 b
GA+CR	0,263 b	0,291 b	0,287 b	0,267 b
SE	0,277 b	0,294 b	0,268 b	0,266 b
CE	0,324 a	0,375 a	0,374 a	0,395 a
CV %	8,17	9,29	9,77	5,76
	Porosidade total do solo			
	$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$			
GA+B+L	0,362 b	0,362 b	0,344 b	0,324 b
GA+FP	0,397 b	0,397 b	0,342 b	0,321 b
GA	0,359 b	0,365 b	0,351 b	0,324 b
GA+CR	0,360 b	0,393 b	0,380 b	0,333 b
SE	0,347 b	0,387 b	0,363 b	0,331 b
CE	0,490 a	0,486 a	0,472 a	0,473 a
CV %	9,12	9,58	6,96	5,43

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 0,05%. GA + B + L= Gonçalves-alves + Braquiária + Lodo; GA+ FP= Gonçalves Alves + Feijão-de-porco; GA+CR= Gonçalves Alves + Crotalaria; SE= Solo Exposto; e, CE= Cerrado.

A macroporosidade variou entre 0,070 e 0,168 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ para os tratamentos SE e CE, respectivamente. O maior valor foi observado para o CE (0,168 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), em seguida os tratamentos GA+FP e GA+CR que utilizam adubação verde foram estatisticamente iguais. Vale destacar que a macroporosidade no tratamento com GA+FP apresentou valores acima de 0,10 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ na camada de 0,00 a 0,05 m e 0,05 a 0,10 m.

Na superfície esse efeito só foi observado para a condição natural no solo de CE, que foi superior ao tratamento GA+FP. Em relação à camada 0,05 a 0,10 m, embora não tenha ocorrido significância entre os tratamentos essa condição acima de 10% se repetiu para os tratamentos CE e GA+FP.

A condição ideal segundo Kiehl (1979) para a macroporosidade deve ser de 0,17 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ considerando um solo com 0,50 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, de porosidade total, ou seja, um terço da porosidade total deve ser de macroporos. A macroporosidade da área experimental apresenta uma condição não favorável para o bom desenvolvimento do sistema radicular das espécies vegetais utilizadas em cobertura, devido os valores estar abaixo do limite crítico de 0,10 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, podendo indicar compactação do solo.

A microporosidade apresentou o menor valor para GA+FP na profundidade de 0,10 a 0,20 m, sendo de 0,246 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, e o maior valor de 0,395 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ para CE na profundidade de 0,20 a 0,40 m (Quadro 5). Para a microporosidade houve o mesmo comportamento descrito para a densidade, sendo observados que, os maiores valores foram descritos para os tratamentos GA+B+L, GA+FP, GA, GA+CR e SE, e o menor valor descrito para o CE para todas as profundidades. Comparando gramíneas na rotação de inverno utilizando milho safrinha, aveia-preta e trigo com coquetel de adubos verdes, Laurani et al. (2004) concluiu que não houve influências das coberturas sobre os atributos físicos, macroporosidade, microporosidade e densidade do solo, desde a superfície até a camada de 40 cm. Contudo, a redução da macroporosidade para a gramínea, assim como o aumento da densidade do solo, parecem não restringirem seu desenvolvimento.

O maior valor de porosidade total foi de 0,490 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ observado na superfície do tratamento CE, sendo superior aos demais tratamentos para as demais camadas avaliadas, ao qual diferiu estatisticamente. Os menores valores de porosidade total foram descritos para os tratamentos GA+B+L, GA+FP, GA, GA+CR e SE, para todas as camadas avaliadas. A influência do sistema de preparo é bastante significativa sobre os atributos físicos do solo, principalmente sobre a densidade e a macroporosidade. Os sistemas de preparo afetam

principalmente a densidade do solo, essa propriedade por sua vez exerce influência principalmente sobre a macroporosidade e porosidade total, tanto o efeito da grade aradora sobre o solo, como nas áreas sem preparo, ocorreram alterações na estrutura do solo, esse efeito foi verificado por Prado et al. (2002), onde o aumento da densidade afetou principalmente a resistência do solo à penetração, sendo observado efeito do sistema de preparado com grade aradora sobre a densidade do solo.

Observando os tratamentos para recuperação quando comparados com o CE observa-se maiores valores de densidade do solo e menores valores de macroporosidade, microporosidade e porosidade total, esse comportamento reflete uma condição inadequada podendo indicar a degradação da estrutura do solo, o que dificulta a difusão de gases e a infiltração de água. Essas características refletem a condição de solo compactado, valores elevados de densidade do solo em área experimental são descritos como prejudicial sobre os atributos físicos do solo.

Em áreas de pousio, após cinco anos, Prado et al. (2002) afirma que ocorreu aumento da resistência do solo à penetração, independente do sistema de preparo utilizado anteriormente. Efeito oposto foi descrito por Campos & Alves (2008) citam influência positiva da utilização de lodo com braquiária sobre os atributos físicos de um Latossolo, sendo a macroporosidade, porosidade total e a densidade do solo os melhores indicadores de recuperação.

4.6 Correlação entre a temperatura, atributos físicos e capacidade térmica do solo

Nos Quadros 6 a 10, são apresentadas as matrizes de correlação linear simples dos atributos temperatura, atributos físicos e capacidade térmica volumétrica do solo avaliada para os tratamentos, Gonçalves-alves + Braquiária + Lodo (GA+B+L), Gonçalves-alves + Feijão-de-porco (GA+FP), Gonçalves-alves (GA), Gonçalves-alves + Crotalaria (GA+CR) e Solo Exposto (SE), respectivamente.

Quadro 6. Matriz de correlação linear simples entre a temperatura, atributos físicos e capacidade térmica do solo para o tratamento GA + B + L.

Gonçalo-alves + Braquiária + Lodo							
	TEMP	MAC	MIC	DENS	PTOTAL	Ct ÚMIDO	Ct SECO
TEMP	1						
MAC	-0,342 ^{ns}	1					
MIC	0,275 ^{ns}	-0,108 ^{ns}	1				
DENS	0,214 ^{ns}	-0,813 ^{**}	-0,332 ^{ns}	1			
PTOTAL	-0,094 ^{ns}	0,692 [*]	0,641 [*]	-0,870 ^{**}	1		
Ct ÚMIDO	0,180 ^{ns}	-0,737 ^{**}	-0,218 ^{ns}	0,966 ^{**}	-0,730 ^{**}	1	
Ct SECO	0,345 ^{ns}	-0,771 ^{**}	-0,233 ^{ns}	0,955 ^{**}	-0,772 ^{**}	0,960 ^{**}	1

TEMP = temperatura do solo; MAC = macroporosidade do solo; MIC = microporosidade do solo; DENS = densidade do solo; PTOTAL = porosidade total; Ct ÚMIDO = capacidade térmica do solo úmido (12% umidade a base de massa) e, Ct SECO = capacidade térmica do solo seco (0% umidade); * = significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade, e ns = não significativo.

O grau de relacionamento entre causa e efeito de um fenômeno qualquer é avaliado pelo seu coeficiente de correlação (r), sendo que, a comparação entre dois coeficientes de correlação define se dois fenômenos apresentam a mesma resposta de uma das variáveis (y), quando se faz variar a outra (x), ou se elas respondem de maneira diversa, apresentando diferentes tendências de variação, de um fenômeno para o outro.

Apesar de a temperatura do solo ser o principal objeto de estudo do trabalho, pode-se observar que nos tratamentos G+B+L e SE, Quadros 6 e 10, respectivamente, para todos os pares entre temperatura (TEMP) e demais atributos avaliados, não foram observados significância. O mesmo ocorreu no tratamento GA (Quadro 8), para os pares TEMP x MIC ($r = -0,207^{ns}$), TEMP x PTOTAL ($r = -0,321^{ns}$), TEMP x Ct SECO ($r = 0,188^{ns}$) e TEMP x Ct ÚMIDO ($r = 0,181^{ns}$), e para o tratamento GA+FP (Quadro 7), para os pares TEMP x MAC ($r = -0,087^{ns}$) e TEMP x PTOTAL ($r = -0,255^{ns}$).

Quadro 7. Matriz de correlação linear simples entre a temperatura, atributos físicos e capacidade térmica do solo para o tratamento GA + FP.

Gonçalo-alves + Feijão-de-porco							
	TEMP	MAC	MIC	DENS	PTOTAL	Ct ÚMIDO	Ct SECO
TEMP	1						
MAC	-0,087 ^{ns}	1					
MIC	-0,419 [*]	0,514 [*]	1				
DENS	0,351 [*]	-0,897 ^{**}	-0,777 ^{**}	1			
PTOTAL	-0,255 ^{ns}	0,919 ^{**}	0,811 ^{**}	-0,971 ^{**}	1		
Ct ÚMIDO	0,607 [*]	-0,763 ^{**}	-0,528 [*]	0,838 ^{**}	-0,765 ^{**}	1	
Ct SECO	0,449 [*]	-0,840 ^{**}	-0,471 [*]	0,834 ^{**}	-0,791 ^{**}	0,979 ^{**}	1

Temp = temperatura do solo; Mac = macroporosidade do solo; Mic = microporosidade do solo; Dens = densidade do solo; Ptotal = porosidade total; Ct úmido = capacidade térmica do solo úmido (12% umidade a base de massa) e, Ct seco = capacidade térmica do solo seco (0% umidade); * = significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade, e ns = não significativo.

Comportamento inversamente proporcional e significativo foi observado no tratamento GA (Quadro 8) para o par TEMP x MAC ($r = -0,646^*$), no tratamento GA+FP (Quadro 7) para TEMP x MIC ($r = -0,419^*$), e em GA+CR (Quadro 9) para os pares TEMP x MAC ($r = -0,512^*$), TEMP x MIC ($r = -0,516^*$), TEMP x PTOTAL ($r = -0,569^*$). Outras variações inversamente proporcionais foram observadas nos pares MAC x DENS, MAC x Ct SECO e MAC x Ct ÚMIDO para todos os tratamentos avaliados, assim como para os pares MIC x DENS, MIC x Ct SECO e MIC x Ct ÚMIDO, com exceção para o tratamento GA+B+L, que não apresentou significância (Quadros 6 a 10). Dessa forma, à medida que ocorre o aumento da macroporosidade e da microporosidade, há a diminuição da densidade do solo, e conseqüentemente, redução de sua capacidade térmica seja seco ou com a presença de umidade. Esses valores apresentaram-se de forma lógico, uma vez que com o aumento da porosidade total, seja pelo aumento de macro ou microporosidade, ocorre a redução da densidade e um maior espaço aéreo, o que reduz o contato direto das partículas e a transferência de calor no solo.

Os maiores valores ocorreram para o tratamento GA+B+L, para os pares DENS x Ct SECO ($r = 0,955^{**}$) e DENS x Ct ÚMIDO ($r = 0,966^{**}$) (Quadro 6). No Quadro 8, para o tratamento GA, os valores de correlação são elevados entre TEMP x DENS ($r = 0,831^{**}$).

Quadro 8. Matriz de correlação linear simples entre a temperatura, atributos físicos e capacidade térmica do solo para o tratamento utilizando somente a espécie Gonçalves-alves.

Gonçalo-alves							
	TEMP	MAC	MIC	DENS	PTOTAL	Ct ÚMIDO	Ct SECO
TEMP	1						
MAC	-0,646*	1					
MIC	-0,207 ^{ns}	-0,041 ^{ns}	1				
DENS	0,831**	-0,793**	-0,516*	1			
PTOTAL	-0,321 ^{ns}	0,489*	0,561*	-0,658*	1		
Ct ÚMIDO	0,188 ^{ns}	-0,416*	-0,749**	0,665*	-0,598*	1	
Ct SECO	0,181 ^{ns}	-0,443*	-0,767**	0,681*	-0,649*	0,977**	1

Temp = temperatura do solo; Mac = macroporosidade do solo; Mic = microporosidade do solo; Dens = densidade do solo; Ptotal = porosidade total; Ct úmido = capacidade térmica do solo úmido (12% umidade a base de massa) e, Ct seco = capacidade térmica do solo seco (0% umidade); * = significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade, e ns = não significativo.

Houve correlação positiva entre temperatura e capacidade térmica do solo seco e úmido, observando os pares TEMP x DENS ($r = 0,351^*$), TEMP x Ct SECO ($r = 0,449^*$) e TEMP x Ct ÚMIDO ($r = 0,607^*$) para o tratamento GA+FP (Quadro 7), e nos pares TEMP x DENS ($r = 0,665^*$), TEMP x Ct SECO ($r = 0,387^*$) e TEMP x Ct ÚMIDO ($r = 0,402^*$) para o tratamento GA+CR (Quadro 9), respectivamente. Nesses tratamentos GA+FP e GA+CR o solo é revolvido para o plantio dos adubos verdes no verão, sendo que o efeito do revolvimento pode estar influenciando a temperatura e a capacidade térmica do solo nesses tratamentos, por influenciar na densidade do solo. Em relação aos tratamentos que não tiveram o solo na superfície revolvido, foi observada correlação positiva para GA+B+L e SE (Quadros 6 e 10), porém, não significativa. Desta forma, a temperatura varia direto com o aumento da densidade, estando sujeita também às variações na capacidade térmica do solo, tanto seco quanto úmido, observado para todos os tratamentos avaliados.

No tratamento GA+CR, pode-se observar os maiores valores de correlação indicando comportamento inverso entre PTOTAL x Ct ÚMIDO ($r = -,822^{**}$) e PTOTAL x Ct SECO ($r = -,881^{**}$). Embora todos os tratamentos tenham apresentado o mesmo comportamento para esses atributos, os maiores valores são destacados para GA+CR (Quadro 9).

Quadro 9. Matriz de correlação linear simples entre a temperatura, atributos físicos e capacidade térmica do solo para o tratamento GA + CR.

Gonçalo-alves + Crotalária							
	TEMP	MAC	MIC	DENS	PTOTAL	Ct ÚMIDO	Ct SECO
TEMP	1						
MAC	-0,512*	1					
MIC	-0,516*	0,613*	1				
DENS	0,665*	-0,911**	-0,856**	1			
PTOTAL	-0,569*	0,941**	0,844**	-0,984**	1		
Ct ÚMIDO	0,402*	-0,756**	-0,719*	0,737**	-0,822**	1	
Ct SECO	0,387*	-0,835**	-0,733**	0,799**	-0,881**	0,988**	1

Temp = temperatura do solo; Mac = macroporosidade do solo; Mic = microporosidade do solo; Dens = densidade do solo; Ptotal = porosidade total; Ct úmido = capacidade térmica do solo úmido (12% umidade a base de massa) e, Ct seco = capacidade térmica do solo seco (0% umidade); * = significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade, e ns = não significativo.

Para Pimentel-Gomez e Garcia (2002), a variabilidade de um atributo pode ser classificada conforme a magnitude do seu coeficiente de variação (CV), de forma que suas classes fossem estipuladas como: de $0\% < CV \leq 10\%$ (baixo), $10\% < CV \leq 20\%$ (médio), $20\% < CV \leq 30\%$ (alto) e $CV > 30\%$ (muito alto). Dessa forma, a maioria dos atributos avaliados nos tratamentos apresentou correlação muito alta. Das correlações estabelecidas entre os atributos do solo, a densidade do solo (DENS) apresentou elevada correlação positiva com a capacidade térmica (Ct SECO e Ct ÚMIDO) para todos os tratamentos avaliados.

Para o Quadro 10, no tratamento SE as correlações entre os atributos do solo apresentaram significância para os pares MAC x PTOTAL ($r = 0,826^{**}$), MIC x PTOTAL ($r = 0,554^{*}$), DENS x Ct ÚMIDO ($r = 0,710^{*}$), DENS x Ct SECO ($r = 0,736^{**}$) e Ct ÚMIDO x Ct SECO ($r = 0,988^{**}$). Essas correlações altamente significativas indicam influência da densidade sobre a capacidade térmica do solo, tanto para solo seco quanto úmido. Assim como da macroporosidade e microporosidade sobre a porosidade total do solo. Embora não seja observado significância entre TEMP x MAC ($r = -0,036^{ns}$), pode-se observar nos pares MAC x Ct ÚMIDO ($r = -0,513^{*}$) e MAC x Ct SECO ($r = -0,525^{*}$), que, a macroporosidade pode não afetar na temperatura, porém, essa é capaz de influenciar altamente reduzindo a quantidade de energia armazenada na superfície.

Quadro 10. Matriz de correlação linear simples entre a temperatura, atributos físicos e capacidade térmica do solo para o tratamento com Solo Exposto (testemunha).

Solo Exposto							
	TEMP	MAC	MIC	DENS	PTOTAL	Ct ÚMIDO	Ct SECO
TEMP	1						
MAC	0,036 ^{ns}	1					
MIC	0,224 ^{ns}	-0,012 ^{ns}	1				
DENS	-0,082 ^{ns}	-0,847**	-0,495*	1			
PTOTAL	0,163 ^{ns}	0,826**	0,554*	-0,984**	1		
Ct ÚMIDO	0,199 ^{ns}	-0,513*	-0,586*	0,710*	-0,756**	1	
Ct SECO	0,219 ^{ns}	-0,525*	-0,574*	0,736**	-0,758**	0,988**	1

Temp = temperatura do solo; Mac = macroporosidade do solo; Mic = microporosidade do solo; Dens = densidade do solo; Ptotal = porosidade total; Ct úmido = capacidade térmica do solo úmido (12% umidade a base de massa) e, Ct seco = capacidade térmica do solo seco (0% umidade); * = significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade, e ns = não significativo.

As correlações entre a TEMP e os demais atributos nos tratamentos GA+B+L (Quadro 6) e SE (Quadro 10), não apresentaram significância. Portanto, esse efeito pode estar ocorrendo devido às condições do local do experimento, pode estar havendo a influência de outros fatores ambientais físicos, químicos ou biológicos que não foram identificados e quantificados.

4.7 Distribuição e estabilidade de agregados em água

No Quadro 11 são apresentados os valores para a distribuição do tamanho de agregados em água e o diâmetro médio ponderado (DMP) para as camadas do solo de 0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, para os tratamentos avaliados.

Para a classe de agregados de 6 a 4 mm na camada de 0,00 a 0,05 m, verificou-se que no solo sob CE e no tratamento GA+B+L ocorreram as maiores médias, enquanto que para os demais tratamentos os valores foram semelhantes. No solo de CE foram observados os maiores valores para essa classe, sendo destacado que em subsuperfície para GA foi semelhante ao CE. O maior DMP para o CE também se justifica em função da presença de agregados maiores e da sua representatividade, considerando a classe de 6 a 4 mm.

Os valores para o DMP seguiram essa mesma tendência, onde de 0,00 a 0,05 m observam-se os maiores valores para CE e GA+B+L, para subsuperfície 0,05 a 0,10 m os valores foram maiores para GA e CE, e para a camada de 0,10 a 0,20 m o CE foi superior diferindo dos demais tratamentos. Na classe de 4 a 2 mm para a superfície de 0,00 a 0,05 m

não houve significância entre os valores observados. Ainda nessa classe, em subsuperfície, 0,05 a 0,10 m, no CE pode-se observar o maior valor, diferindo dos demais tratamentos (Quadro 11).

Quadro 11. Valores médios de porcentagem de distribuição de tamanho de agregados e DMP, em função dos tratamentos, para as camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m.

Tratamentos	Classes de tamanho de agregados (mm)						DMP
	6 a 4	4 a 2	2 a 1	1 a 0,5	0,5 a 0,25	<0,25	
	-----% de distribuição de tamanho de agregados-----						
0,00 a 0,05 m							
GA+B+L	63,42 a	7,39	3,53 b	6,31 b	7,72 a	13,13 b	3,53 a
GA+FP	31,77 b	9,53	6,80 a	10,48 a	12,11 a	40,35 a	1,89 b
GA	52,19 b	7,14	4,65 b	3,30 b	3,75 b	11,23 b	2,96 b
GA+CR	36,04 b	13,02	7,76 a	14,02 a	10,41 a	18,73 a	2,47 b
SE	29,67 b	9,33	8,88 a	15,34 a	16,20 a	20,56 a	2,09 b
CE	86,57 a	7,15	1,51 b	1,72 b	0,38 b	2,77 b	4,58 a
CV %	32,14	26,31	40,21	38,58	39,30	36,14	24,49
F	3,13*	n.s.	2,91*	5,01*	7,29*	5,42*	3,00*
0,05 a 0,10 m							
GA+B+L	39,10 b	8,37 b	5,52 b	11,53 b	15,62 a	19,84 a	2,46 b
GA+FP	32,07 b	9,89 b	7,05 b	14,31 a	15,52 a	21,13 a	2,19 b
GA	51,26 a	10,08 b	4,82 b	8,15 b	8,93 a	16,73 a	3,05 a
GA+CR	23,43 b	10,99 b	10,26 a	13,93 a	16,07 a	25,30 a	1,85 b
SE	19,54 b	9,65 b	9,59 a	18,02 a	19,35 a	23,83 a	1,64 b
CE	65,87 a	18,32 a	6,18 b	5,03 b	1,47 b	3,09 b	3,98 a
CV %	25,84	16,07	18,03	25,21	26,03	22,24	16,39
F	5,42*	4,61*	3,89*	3,67*	8,59*	8,63*	5,98*
0,10 a 0,20 m							
GA+B+L	23,71 b	9,03 a	7,57 a	13,78 a	16,75 a	20,61 a	1,72 b
GA+FP	5,01 b	8,85 a	11,59 a	23,52 a	22,78 a	29,77 a	0,91 b
GA	26,38 b	11,54 a	10,39 a	15,99 a	14,97 a	20,70 a	2,02 b
GA+CR	12,95 b	10,96 a	12,27 a	22,09 a	18,19 a	25,74 a	1,31 b
SE	15,70 b	8,43 a	10,65 a	21,11 a	18,67 a	25,82 a	1,43 b
CE	90,47 a	4,12 b	0,40 b	3,98 b	0,27 b	1,17 b	4,68 a
CV %	39,88	16,64	20,43	23,00	24,37	22,41	20,04
F	11,52*	4,99*	18,65*	7,31*	15,74*	14,07*	13,08*

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 0,05%. GA + B + L= Gonçalves-alves + Braquiária + Lodo; GA+ FP= Gonçalves Alves + Feijão-de-porco; GA+CR= Gonçalves Alves + Crotalaria; SE= Solo Exposto; e, CE= Cerrado.

Na camada de 0,10 a 0,20 m houve comportamento oposto entre os tratamentos observado para a classe de 4 a 2 mm em relação à profundidade anterior (0,05 a 0,10 m) onde o menor valor ocorreu para CE. Esse efeito demonstra que o tratamento com cobertura de

gramínea e aplicação de lodo está contribuindo não somente para a formação da estrutura no solo, mas, também com o aumento do tamanho de agregados e na sua estabilização, principalmente em superfície.

Outro efeito importante está no papel exercido pela cobertura vegetal e pelas espécies arbóreas na melhoria da qualidade do solo, semelhante a sistemas agroflorestais onde a presença de restos vegetais em diferentes estágios de decomposição estimulam a atividade biológica, contribuindo para a formação de agregados mais estáveis e maiores. Carvalho et al. (2004) relatou o efeito de sistemas agroflorestais sobre os atributos físicos do solo, e concluiu que, não só a agregação e estabilização da estruturas são influenciadas, como a densidade, a porosidade e a resistência à penetração do solo.

Observando as classes de agregados entre 2 a 1, 1 a 0,5, 0,5 a 0,25 e <0,25 na camada de 0,10 a 0,20 m, nota-se que nos tratamentos GA+B+L, GA+FP, GA, GA+CR e SE ocorreram os maiores valores, superiores à condição natural que ocorre no CE (Quadro 11). Na camada de 0,05 a 0,10 m, para a classe de 2 a 1 mm, os maiores valores forma observados para GA+CR e SE, e para a classe entre 1 a 0,5 mm os maiores valores foram observados para GA+FP, GA+CR e SE. Ainda nessa camada, para as classes de 0,5 a 0,25 e <0,25, todos os tratamentos apresentaram valores superiores ao observado para CE.

Na superfície, para os tratamentos GA+FP, GA+CR e SE forma observados os maiores valores para os agregados nas classes de 2 a 1, 1 a 0,5, 0,5 a 0,25 e <0,25. Um fato que pode ser destacado para esses tratamentos indica que, quanto menor a classe de agregado, maior é a representatividade da classe dentro dos tratamentos (Quadro 11). Nessa condição pode-se destacar que em GA+FP e GA+CR o preparo de solo em sistema convencional está proporcionando efeito negativo na estruturação do solo, de forma que esses tratamentos apresentem valores semelhantes à condição observada para SE.

Pode-se observar a maior porcentagem de agregados maiores no solo sob CE, o que indica condição natural. Para o tratamento com GA+B+L, o efeito da aplicação do lodo associado à utilização da gramínea que oferece disponibilidade de matéria orgânica em superfície via decomposição de raízes. Os valores apresentados no tratamento com GA indicam que o solo vem se recuperando quanto à sua estruturação, por apresentar maior porcentagem de agregados maiores. Além da matéria orgânica a presença de Ca^{+2} com a correção do solo pode estar contribuindo com o aumento da estabilidade de agregados e melhorando a infiltração de água no perfil. Os maiores valores para DMP são observados no

CE e para GA nessa camada, no CE esse efeito pode refletir a estruturação natural pela interação entre as fases mineral e orgânica do solo em ecossistemas não antropizados (Quadro 11). Em GA a degradação da estrutura e o adensamento do solo podem ser responsáveis pela compactação do solo e formação da estrutura predominantemente mineral. Para Fontes (2002) os óxido e hidróxidos de Fe e Al associados à fração argila nos solos das regiões tropicais é quase obrigatória, exercendo forte influência, principalmente nas propriedades físicas do solo. Além disso, os óxidos de Fe no solo são agentes cimentantes que ajudam na formação de agregados de tamanho pequeno e na estabilização. Essa cimentação das partículas associada a pressão em superfície pode ser responsável pelo aumento do DMP dos agregados na camada de 0,05-0,10 m.

Para Carvalho (2004) a maior quantidade de agregados com maior tamanho no CE, destaca o papel exercido pelas espécies vegetais na melhoria da qualidade do solo. Sendo que, em superfície o tratamento G+B+L apresenta valores estatisticamente iguais ao do CE, indicando que o tratamento está sendo capaz de estruturar o solo na camada de 0-5 cm. Campos e Alves (2008) estudando a utilização de braquiária em cultivo de eucalipto concluíram que a aplicação de lodo nos tratamentos influenciou na recuperação dos atributos físicos de um Latossolo degradado. No tratamento com GA+B+L, as árvores e a cobertura formada pela gramínea são responsáveis pelos benefícios gerados ao solo por preservar a matéria orgânica e melhorar seus atributos físicos. Efeitos que também foram descritos para solos de sistemas agroflorestais por Carvalho (2004). O DMP na superfície foi semelhante entre o CE e GA+B+L, evidenciando os efeitos da aplicação do lodo e da gramínea. Conforme Andreoli et al. (2001) a aplicação de lodo de esgoto ao solo promove melhor agregação das partículas, melhorando sua estrutura e, com isso, o desenvolvimento radicular e a infiltração de água, incentivando um crescimento vegetal mais rápido, formando uma cobertura vegetal sobre o solo para proteção da radiação solar direta.

4.8 Atributos químicos do solo

Na Quadro 12 são apresentados os valores médios para alguns atributos químicos do solo avaliados. O maior valor de P-resina na camada de 0,00 a 0,05 m foi observado no tratamento GA+B+L, e seguido pelo CE, que diferiram entre si e dos demais tratamentos.

Quadro 12. Valores médios dos atributos químicos do solo avaliados.

Tratamentos	P – resina (mg dm ⁻³)	MO (g dm ⁻³)	pH CaCl ₂	K*	Ca*	Mg*	H + Al	Al*	SB*	CTC	V*	m*
				-----mmol _c dm ⁻³ -----						-----%-----		
0,00-0,05 m												
GA+B+L	35,4a	18,6b	4,6b	1,20b	3,17a	3,38 a	31,6b	2,09b	4,49a	47,7b	6,28b	4,21c
GA+FP	3,0c	4,8d	5,7a	1,16b	3,13a	2,59 b	14,8d	0,50c	3,92b	26,6c	7,14a	0,50d
GA	3,0c	7,8c	5,8a	1,20b	3,21a	2,68 b	14,8d	0,50c	4,05b	27,9c	7,28a	0,50d
GA+CR	3,0c	4,6d	5,7a	1,13b	2,92a	2,54 b	15,0d	0,50c	3,74b	25,6c	6,92a	0,50d
SE	3,2c	5,2d	4,5b	1,23b	2,09b	2,03 c	20,6c	2,27b	2,84c	26,1c	5,04c	6,53b
CE	8,0b	35,0a	4,2c	1,72a	2,95a	3,33 a	64,0a	4,24a	4,44a	79,5a	4,86c	7,36 ^a
CV	33,19	13,07	4,48	5,57	7,58	6,55	6,4	9,5	6,69	4,67	6,28	16,8
0,05-0,10 m												
GA+B+L	32,8a	10,8b	4,6b	1,06b	2,98a	2,66a	27,0b	2,26b	3,85a	38,3b	5,92b	5,15c
GA+FP	3,0b	4,8c	5,8a	1,05b	3,14a	2,44a	14,6d	0,50c	3,82a	25,7c	7,06a	0,50d
GA	3,0b	5,2c	6,0a	1,04b	3,32a	2,59a	14,0d	0,50c	4,05a	26,8c	7,33a	0,50d
GA+CR	3,0b	4,2c	6,0a	1,03b	3,02a	2,54a	14,2d	0,50c	3,79a	25,1c	7,08a	0,50d
SE	3,2b	4,2c	4,5b	1,07b	1,82b	1,74b	20,4c	2,38b	2,42c	24,1c	4,40c	7,46b
CE	5,0b	22,0a	4,1c	1,50a	1,91b	2,50a	64,0a	4,50a	3,15b	71,0a	3,66d	8,87 ^a
CV	41,85	13,07	3,87	7,36	10,55	7,6	5,08	9,98	8,31	5,67	6,88	12,88
0,10-0,20 m												
GA+B+L	14,0a	6,4b	4,9b	0,92b	2,86a	2,05a	19,6b	1,38c	3,38a	27,9b	5,95a	3,37b
GA+FP	3,4b	4,2c	5,7a	0,92b	2,76a	2,22a	14,8c	0,50d	3,37a	23,2c	6,47a	0,50c
GA	3,8 b	4,0c	5,7a	0,90b	2,90a	2,21a	14,8c	0,50d	3,49a	23,8c	6,62a	0,50c
GA+C	3,8 b	4,0c	5,5a	0,95b	2,63a	2,22a	15,6c	0,50d	3,28a	23,4c	6,23a	0,50c
SE	4,0 b	3,8c	4,4c	1,06b	1,58b	1,50b	20,8b	2,63b	2,08b	23,3c	3,77b	8,50a
CE	5,0 b	18,0a	4,1d	1,34a	1,50b	1,91a	55,0a	4,11a	2,42b	58,7a	2,95c	9,33a
CV (%)	60,51	12,10	3,84	9,99	8,52	13,41	4,8	14,65	8,49	5,37	7,65	18,97
0,20-0,40 m												
GA+B+L	5,2a	4,8b	4,7a	0,87b	2,38a	1,72a	19,0c	1,74c	2,78a	24,3b	5,14 a	5,16b
GA+FP	3,6b	3,6c	4,5a	0,89b	1,82c	1,50b	17,8d	2,36b	2,21b	20,8c	4,25 b	7,73a
GA	4,0b	3,4c	4,7a	0,92b	2,07b	1,82a	16,4d	1,81a	2,62a	22,0c	5,04 a	5,72b
GA+CR	3,6b	3,4c	4,5a	0,92b	1,94b	1,58b	18,0d	1,99c	2,36b	21,6c	4,48 b	6,38b
SE	4,0b	3,4c	4,3b	0,98b	1,58c	1,50b	20,8b	2,77b	2,05b	23,2b	3,71 c	8,71a
CE	3,0b	15,0a	4,1b	1,21a	1,50c	1,50b	52,0a	3,82a	2,08b	54,5a	2,74 d	9,50a
CV (%)	13,65	6,99	4,00	10,35	14,38	11,11	5,36	21,69	11,5	4,05	12,48	27,52

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 0,05%. GA + B + L= Gonçalves-alves + Braquiária + Lodo; GA+ FP= Gonçalves Alves + Feijão-de-porco; GA+CR= Gonçalves Alves + Crotalaria; SE= Solo Exposto; e, CE= Cerrado. * Dados transformados ($\sqrt{x+0,5}$).

Pode-se observar que para as demais camadas avaliadas o tratamento GA+B+L também se destacou apresentando os maiores valores dentro de cada camada. Esse aumento de P-resina observado em GA+B+L representa o efeito da aplicação de lodo para todas as profundidades avaliadas, principalmente na superfície, onde esses valores se mostraram elevados. Araújo et al. (2009) destacam que num experimento com braquiária e utilização de

lodo de esgoto, na superfície das parcelas adubadas com maiores doses de lodo os teores de fósforo aumentaram em até 70 %. Nas camadas posteriores os teores de P para o tratamento GA+B+L podem estar sendo transportados pelas raízes da braquiária ao se desenvolverem, o que está associado à incorporação de MO em profundidade. Para P a hipótese de sua movimentação é descartada, devido a sua imobilização pela fração coloidal mineral do solo (SOUSA; LOBATO, 2004).

Os valores de matéria orgânica foram maiores na superfície e nas demais camadas para o CE, sendo os menores valores observados para os tratamentos GA+FP, GA, GA+CR e SE para todas as camadas avaliadas. Ainda na superfície, pode-se destacar que o tratamento GA e GA+B+L diferiram entre si, e juntos, foram superiores aos valores observados para os tratamentos SE, GA+FP e GA+CR (Quadro 12). Em GA a vegetação espontânea permanente que vem se desenvolvendo sobre a superfície do solo nesse tratamento, pode estar sendo responsável pela adição de matéria orgânica, e, aliada ao não revolvimento do solo, foi capaz de ocasionar mudanças diferenciando o valor de matéria orgânica nesse tratamento em relação aos que utilizam adubação verde. Segundo Caldeira Júnior et al. (2007) em povoamentos com gonçalo-alves, foi observada a formação de uma nova condição microclimática que veio favorecer ao surgimento de diversas outras plantas no local, principalmente capins nativos e outras plantas de porte herbáceo, confirmando a melhoria das condições da área, pelo favorecimento à colonização e desenvolvimento da vegetação espontânea.

Para GA+B+L a adição de lodo de esgoto associada ao plantio de braquiária causou aumento significativo dos teores de matéria orgânica no solo, esse mesmo efeito foi observado por Kitamura et al. (2008) e Araujo et al. (2009) avaliando aplicações do lodo em superfície para recuperação de Latossolo e em Podzólico Vermelho cultivados com braquiária. Segundo Kitamura et al. (2008), o lodo é eficaz principalmente a curto prazo para o incremento de matéria orgânica, além de contribuir com os demais atributos químicos para a recuperação do solo.

Observando os valores apresentados no Quadro 12 para K, os teores no CE foram superiores aos demais tratamentos para todas as profundidades, sendo adequado para as camadas de 0,00 a 0,20 m, e médio para 0,20 a 0,40 m. Os demais valores foram descritos como médio (0,6 a 12,8) na superfície e em profundidade (SOUZA; LOBATO, 2004) para os demais tratamentos. Arato et al. (2003) destacam que a elevada taxa da decomposição da serapilheira devido a quantidade e qualidade de materiais favorece a rápida liberação e

consequentemente o reaproveitamento dos nutrientes por parte do sistema radicular da vegetação nativa. Esse comportamento de K semelhante entre as profundidades pode ser provavelmente devido a mobilidade desse elemento e pela contribuição do sistema radicular, estando de acordo com o observado por Favaretto et al. (2000).

Na superfície os maiores valores de Ca^{+2} foram observados para os demais tratamentos que diferiram significativamente do SE que apresentou o menor valor para esse nutriente (Quadro 12). Tanto o Ca^{+2} quanto o Mg^{+2} para as camadas de 0,05 a 0,10 m, e 0,10 a 0,20 m apresentaram os maiores teores para os tratamentos GA+B+L, GA+FP, GA e GA+CR. Como esses tratamentos tiveram aplicação de corretivo e incorporação para correção da acidez do solo, nesse caso o calcário pode ser o responsável por essa diferenciação entre os valores de Ca^{+2} descritos para esses tratamentos. A aplicação na superfície e a incorporação proporcionam elevação dos teores de Ca^{+2} em profundidade no solo, Tavares et al. (2005) destacam que esse aumento indica um efeito de lixiviação no perfil, o que pode auxiliar no aprofundamento das raízes proporcionando maior volume para o sistema radicular.

Em relação ao pH os maiores valores foram observados para os tratamentos GA+FP, GA e GA+CR para todas as profundidades (Quadro 12). De acordo com o critério de classificação agrônômica (ALVAREZ et al. 1999) os valores de pH (5,5 a 6,0) para esses tratamentos nas camadas de 0,00 a 0,05 m, 0,05 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m foram considerados adequados, e baixos ($< 5,4$) para a camada de 0,20 a 0,40 m, assim como para os valores apresentados para os demais tratamentos. O efeito da calagem sobre o pH do solo indica tendência de redução em profundidade, atingindo valores adequados nas camadas onde se observa principalmente a presença de Ca^{+2} . Dessa forma, observa-se que a SB foi maior nas camadas de 0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m para os tratamentos GA+B+L, GA+FP, GA e GA+CR.

Os menores valores de H+Al foram observados para GA+FP, GA e GA+CR para todas as camadas avaliadas, enquanto que esses mesmo tratamentos apresentaram os menores valores de Al^{+3} e saturação por Al^{+3} (m%) da superfície até a camada 0,10 a 0,20 m, sendo esse efeito atribuído possivelmente ao corretivo utilizado na implantação do experimento. A saturação por Al^{+3} no CE foi maior para todas as camadas, sendo maior que os valores observados em SE para as camadas de 0,00 a 0,05 m e de 0,05 a 0,10 m, e semelhante ao SE para a camada de 0,10 a 0,20 m, não diferindo do SE e GA+FP de 0,20 a 0,40 m. Os maiores valores de H+Al e Al^{+3} observados para o CE, o que indica uma condição natural de elevada

acidez para esses solos associado ao efeito da acidez causada pela matéria orgânica. Enquanto que os valores de pH observados nos tratamentos com GA+FP, GA+CR e GA, estão associados à aplicação do corretivo no solo que proporcionou redução de Al^{+3} e acidez potencial.

Em GA+B+L o pH foi semelhante ao observado para o SE para as camadas de 0,00 a 0,05 m e 0,05 a 0,10m, possivelmente atribuído ao Al^{+3} nesses solos. Esse fato principalmente próximo a superfície para o tratamento GA+B+L pode esta associado à acidez devido a aplicação de matéria orgânica proveniente do lodo, juntamente com a decomposição de raízes da gramínea, além da liberação de exudatos radiculares, esse mesmo efeito ocorre no solo sob CE. Esses efeitos foram destacados por Kitamura et al. (2008), atribuídos ao lodo por meio da biodecomposição da matéria orgânica e a ausência de tratamento com cal.

A soma de bases apresentou maiores valores para CE e GA+B+L na superfície, e menor valor para SE (Quadro 12). Possivelmente atribuídos aos valores de matéria orgânica e a soma de Ca^{+2} e Mg^{+2} . Em relação às camadas de 0,05 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m, os maiores valores foram descritos para GA+B+L, GA+FP, GA e GA+CR, provavelmente o efeito do corretivo incorporado possa ter compensado os baixos valores de MO descritos para os tratamentos com adubação verde e utilizando somente a espécie arbórea. Dessa forma, observa-se que nas camadas de 0,00 a 0,05 m, 0,05 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m, a saturação por bases (V%) foi maior para os tratamentos GA+FP, GA e GA+CR, sendo os menores valores observados para CE, ficando abaixo dos valores descritos para SE.

Ainda no Quadro 12, de modo geral a CTC foi maior no CE, diferindo dos demais tratamentos, seguido pelo tratamento GA+B+L para todas as profundidades. Observa-se que, os menores valores foram observados para os tratamentos GA+FP, GA, GA+CR e SE para as camadas desde a superfície até a camada de 0,10 a 0,20 m. Para Costa et al. (2006) o uso de solo de cerrado resulta na alteração de seus atributos, independente do sistema de cultivo e principalmente considerando os teores de matéria orgânica. Em geral, os solos de cerrado apresentam argila de baixa atividade e associadas principalmente óxidos de ferro e alumínio que não se mostram muito reativos, esse fato evidencia a importância da matéria orgânica na CTC do solo.

O sistema radicular da gramínea em GA+B+L é responsável pela adição de matéria orgânica em camada, devido à quantidade de raízes e a taxa com que são renovadas constantemente, sendo esse desenvolvimento favorecido pela taxa de mineralização do

nitrogênio presente no lodo, que, segundo Araújo et al. (2009) foi estimada em 30% ao ano, o que supre a demanda de nitrogênio pela braquiária. Favareto et al. (2000) relatam que a recuperação química do solo ocorre nos primeiros centímetros superficiais, sendo de importância a aplicação e incorporação do lodo para acelerar a recuperação dos atributos físico-químicos no solo.

Em relação à adubação verde nos tratamentos GA+FP e GA+CR, nota-se que, a mineralização ocorre em um menor espaço de tempo no feijão-de-porco em relação à crotalária, o que associado ao efeito do revolvimento para incorporação acelera a decomposição dos restos culturais. Dessa forma, as leguminosas utilizadas como adubos verdes são capazes de promover uma rápida ciclagem de nutrientes em comparação à pastagem, porém, o aporte de matéria orgânica nesses tratamentos ainda é insuficiente para interagir com a fase mineral do solo e melhorar os atributos químicos e físicos do solo.

A adubação verde é reconhecida como técnica viável na busca pela sustentabilidade dos solos cultivados, entretanto, os efeitos promovido pela adubação verde nos atributos químicos do solo são bastante variáveis devido a fatores como a espécie utilizada, o manejo da biomassa, época de plantio e corte dos adubos verdes, tempo de permanência dos resíduos na superfície e condições locais, além da interação entre esses fatores. Alcântara et al. (2000) não verificaram efeitos da adubação verde sobre a fertilidade do solo em condições adversas de umidade e cobertura, após 150 dias de corte dos adubos. Cáceres (1994) também não constatarem efeitos expressivos nos teores de nutrientes e matéria orgânica, pH, CTC, SB e m% após a utilização de diferentes espécies de adubos verdes, inclusive crotalária.

A aplicação de lodo exerce influência sobre os atributos químicos, principalmente na matéria orgânica e melhorias na CTC, condicionando os componentes físicos e biológicos do solo. O lodo de esgoto apresenta potencial para ser utilizado isolado ou associado a coberturas vegetais arbóreas em plantios florestais ou ambientes degradados, com efeitos importantes na reabilitação dessas áreas (LEMAINSKI; SILVA, 2006; MANTOVANI et al., 2006).

Esse destaque para a matéria orgânica está diretamente relacionado aos diversos atributos do solo, assumindo importância quanto à definição de seu potencial produtivo e agregação, o que indica a susceptibilidade ou não a erosão. Sua mineralização é um dos principais processos bioquímicos conduzidos pela microbiota do solo e caracteriza-se por controlar o fluxo de nutrientes minerais no sistema solo-planta e a produção de biomassa e húmus.

5 CONCLUSÕES

O estudo do comportamento térmico do solo nas diferentes condições avaliadas permitiu concluir que:

- a) Os sistemas de manejo com a preservação da cobertura influenciaram nas variações de temperatura e umidade do solo, reduzindo o fluxo de calor absorvido e transferido para o interior do solo;
- b) A umidade do solo foi maior nos tratamentos CE e GA+B+L com cobertura permanente;
- c) O tratamento GA+B+L proporcionou menores temperaturas e amplitudes térmicas durante o período de avaliação, aproximando a condição térmica no tratamento da condição natural registrada no solo sob CE;
- d) A capacidade térmica volumétrica para solo úmido e seco foi menor para o CE, ocorrendo maiores valores nos demais tratamentos;
- e) Os atributos físicos macroporosidade, porosidade total e densidade do solo estão sendo recuperados ao longo do tempo, principalmente em subsuperfície;
- f) A aplicação de lodo em GA+B+L proporciona aumento de agregados maiores e do diâmetro médio ponderado no solo, principalmente na superfície;
- g) A aplicação de lodo proporcionou aumento nos teores de P-resina e MO, e melhorias para a SB e CTC do solo no tratamento GA+B+L;
- h) Não foram observadas contribuições da biomassa dos adubos verdes sobre a fertilidade do solo, sendo que a incorporação acelera sua decomposição, e os efeitos nesses tratamentos estão condicionados à aplicação de calcário;
- i) Houve correlação direta e positiva entre densidade do solo e capacidade térmica volumétrica para solo seco e úmido, e correlação inversa e negativa entre densidade do solo com a macroporosidade, microporosidade e porosidade total, para todos os tratamentos;
- j) A temperatura do solo apresentou correlação direta e positiva com a densidade e com a capacidade térmica volumétrica para solo seco e úmido nos tratamentos GA+FP e GA+CR, e somente com a densidade do solo no tratamento GA.

REFERÊNCIAS

- ADISCOTT, T. M. Entropy and sustainability. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 304 p.
- ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; DE PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, fev. 2000.
- ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho Distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 31, p. 617-625, 2007.
- ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 32, p. 2505-2516, 2008.
- ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M. Von; FERNANDES, F. **Lodos de esgoto: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná; v. 6, 2001. 484 p.
- ANGERS, D. A.; MEHUYS, G. R. Aggregate stability to water. In: CARTER, M. R. **Soil sampling and methods of analysis**. Boca Raton: Canadian Society of Soil Science, 2000. p. 529-539.
- ARAÚJO, F. F.; GIL, F. C.; TIRITAN, C. S. Lodo de esgoto na fertilidade do solo, na nutrição de *Brachiaria decumbens* e na atividade da desidrogenase. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília-DF, v. 39, n. 1, p. 1-6, jan/mar 2009.
- BARBOSA, L. M.; MARTINS, S. E. Bases técnicas e científicas para seleção de espécies adequadas ao reflorestamento heterogêneo em São Paulo. In: CALDEIRA JÚNIOR, C. F.; SOUZA, R. A.; MARTINS, E. R.; SAMPAIO, R. A. Capacidade de Recuperação de Área Degradada pelo *Gonçalo-alves* (*Astronium fraxinifolium* Schott) sob Adubação com Lodo de Esgoto e Silicato. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 480-482, jul. 2007.
- BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I. C. B. Condutividade hidráulica saturada e não saturada de latossolo vermelho eutrófico tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 28, p. 403-407, 2004.
- BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 14, p. 91-98, 1990.

BRANDÃO, V. S.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração da água no solo**. Viçosa: UFV, 2003, 98 p.

BUCKMAN, H. O.; BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**: compêndio universitário sobre edafologia. 3. ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1974. 594 p.

CÁCERES, N. T. **Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 1994. 45 f. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

CALGARO, H. F.; VALÉRIO FILHO, W. V.; AQUINO, S. S.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Adubação química e orgânica na recuperação da fertilidade de sobsolo degradado e na micorrização de *Stryphnodendron polyphyllum*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 32, p. 1337-1347, 2008.

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 19, p.121-125, 1995.

CAMPOS, F. S.; ALVES M. C. Uso de lodo de esgoto na estruturação de solo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 32, p.1389-1397, 2008.

CARPANEZZI, A. A.; COSTA, L. G.; KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas; a observação de laboratórios naturais. In: GALVÃO, A. P. M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2000.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 39, n. 11, p. 1153-1155, nov. 2004.

COLLARES, G. L.; REINERT, D. J. REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.11, p.1663-1674, nov. 2006.

COLODRO, G.; ESPÍNDOLA, C. R.; CASSIOLATO, A. M. R.; ALVES, M. C. Atividade microbiana em um Latossolo degradado tratado com lodo de esgoto. R. Bras. **Engenharia Agrícola Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal-SP, v. 11, n. 2, p. 195-198, 2007.

COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p.1185-1191, jul. 2006.

DEMATTEÊ, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira**. Piracicaba. 1980, 131 p. (Mimeografado).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Tecnologia de produção de soja**. Londrina-PR: Embrapa Soja, 2004, 224 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa do Solo, 2006. 306 p.

ELIAS, E. A. **Modelagem analítica do perfil de temperatura no solo**. 2004. 67 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

FANCELLI, A. L. (Coord.). **Atualização em plantio direto**. Brasília: Fundação Cargill, 1985. 342 p.

FAVARETTO, N.; MORAES, A.; MOTTA, A. C. V.; PREVEDELLO, B. M. S. Efeito da revegetação e da adubação de área degradada na fertilidade do solo e nas características da palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 289-297, fev. 2000.

FRANZ, C. A. B.; FOLLE, S. M.; ROCHA, F. E. C. **Parâmetros para mecanização agrícola na região do cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000. 19 p. (Documentos).

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; SANTOS, M. L. Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 27, p. 1021-1031, 2003.

GASPARIM, E.; RICIERI, R. P.; SILVA, S. L.; DALLACORT, R.; GNOATTO, E. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 27, n. 1, p. 107-115, Jan./March, 2005a.

GASPARIM, E.; WISNIK, N. S.; RICIERI, R. P. Influência da radiação solar na temperatura do perfil do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34., 2005, Canoas, RS. **Anais...** Canoas: SBEA, 2005b. 1 CD-ROM.

JIMENEZ, R. S.; DAL BOSCO, S. M.; CARVALHO, W. A. Remoção de metais pesados de efluentes aquosos pela zeólita natural escolecita – Influência da temperatura e do pH na adsorção em sistemas monoelementares. **Química Nova**, São Paulo-SP, v. 27, n. 5, p. 734-738, 2004.

JORGE, J. A. **Física e manejo dos solos tropicais**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985, 328 p.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relação solo-água-planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

KITAMURA, A. E.; ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; GONZALEZ, A. P. Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 32, p. 405-416, 2008.

LAURANI, R. A.; RALISH, R.; TAVARES FILHO, J.; SOARES D. S.; RIBON, A. A. Distribuição de poros de um Latossolo Vermelo Eutroférico na fase de implantação de um sistema de plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 347-354, maio/ago. 2004.

LEMAINSKI, J.; SILVA, J. E. Utilização do bio sólido da CAESB na produção de milho no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 30, p. 741-750, 2006.

LEPSCH, I. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2002. p. 178.

LIMA, A. M. N.; SILVA, I. R.; 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**, Viçosa-MG, v. 32, p. 1053-1063, 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil, 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 1, 384 p.

LUCHESI, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002. 182 p.

MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; BARBOSA, J. C.; FREIRIA, A. C. Mineralização de carbono e de nitrogênio provenientes de compostos de lixo urbano em argissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 30, p. 677-684, 2006.

MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; CAIAFFO, M. R.; BUENO, A. C. Análise e representação espacial da temperatura do solo gramado, visando a antecipação da semeadura de culturas de primavera-verão, em sistema plantio-direto, no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 117-123, 2001.

MARCHINI, D. C. **Agregação de um Latossolo em recuperação após 6 anos**. 2009. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista-UNESP, Ilha Solteira, 2009.

MARSHALL, T. J.; HOLMES, J. W. **Soil physics**. the physical environment of root. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1988, 374 p.

MARTINS, L. F. S.; POGGIANI, F. A temperatura do solo de um plantio de *eucalyptus grandis* em resposta a aplicação de doses crescentes de bio sólido. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu. **Anais...** Caxambu: [s.n.], 2007.

MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B. **Uso de parâmetros microbiológicos como indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas.** Planaltina, Distrito Federal: Embrapa Cerrados, 2004, 34 p.

MORAIS, M. H.; MÜLLER, M. M. L.; FOLONI, J. S. S. **Qualidade física do solo:** métodos de estudos-sistemas de preparo e manejo do solo. Jaboticabal: UNESP, 2001. 225 p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** Lavras: UFLA, 2002. 626 p.

MORENO, M. I. C.; SCHIAVINI, I. Relação entre vegetação e solo em um gradiente florestal na estação ecológica do Panga, Uberlândia (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 537-544, dez. 2001.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um Luvisolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 29, p. 825-831, 2005.

OLIVEIRA, M. L.; RUIZ, H. A.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R. Flutuações de temperatura do solo em resposta à cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 535-539, 2005.

OMETO, J. C. **Bioclimatologia vegetal.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440 p.

PIMENTEL-GOMEZ, F; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais:** exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: Fealq, 2002. 309 p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia:** fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Efeito de escoria de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 36, n. 9, p. 1199-1204, set. 2001.

PRADO, R. M.; ROQUE, C. G.; SOUZA, Z. M. Sistemas de preparo e resistência à penetração e densidade de um Latossolo Vermelho eutrófico em cultivo intenso e pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 37, n. 12, p. 1795-1801, dez. 2002.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo:** a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 2002. 549 p.

RAIJ, B. van.; QUAGGIO J. A. **Métodos de análises de solo para fins de fertilidade.** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. 31 p. (Boletim Técnico, 81).

REICHARDT, K. & TIMM, L. C. **Solo, planta, atmosfera:** conceitos, processos e aplicações. Barueri: Manole, 2004. 478 p.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 304 p.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C. **Matéria orgânica do solo na Integração Lavoura Pecuária em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005, 58 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 29).

SALTON, J. C. **Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade do solo**. 1991. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

SCHNEIDER, F. M.; DECICO, A.; SACCOL, A. V.; HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; MANFRON, P. A. Determinação das propriedades térmicas de um solo da unidade de mapeamento São Pedro. **Revista Centro Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 10, n. 4, p. 357-363, set. 1980.

SERWAY, R. A. **Física para cientistas e engenheiros, movimento ondulatório e termodinâmica**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

SILANS, A. P.; SILVA F. M.; BARBOSA, F. A. R. Determinação *in loco* da difusividade térmica num solo da região de caatinga (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 30, p. 41-48, 2006.

SILVA, C. L.; KATO, E. Efeito do selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 32, n. 2, p. 213-220, 1997.

SILVA, L. D. J. Estágio de desenvolvimento e exigências da cultura da soja. In: GASPARIM, E.; RICIERI, R. P.; SILVA, S. L.; DALLACORT, R.; GNOATTO, E. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 27, n. 1, p. 107-115, Jan./March, 2005.

SILVA, R. B.; DIAS JUNIOR, M. S.; SILVA, F. A. M.; FOLE, S. M. O tráfego de máquinas agrícolas e as propriedades físicas, hídricas e mecânicas de um Latossolo dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 27, p. 973-983, 2003.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

SOUZA, J. R. S.; MAKINO, M.; ARAÚJO, R. L. C.; COHEN, J. C. P.; PINHEIRO, F. M. A. Thermal properties and heat fluxes in soils under Forest and pasture, in Marabá, PA, Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos-SP, v. 21, n. 3a, 89-103, 2006.

SOUZA, Z. M.; BEUTLER, A. N.; MELO, V. P.; MELO, W. J. estabilidade de agregados e resistência à penetração em Latossolos adubados por cinco anos com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 29, p.117-123, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TREVISAN, R.; HERTER, F. G.; PEREIRA, I. S. Variação da amplitude térmica do solo em pomar de pessegueiro cultivado com aveia preta (*Avena sp.*) e em sistema convencional. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas-RS, v. 8, n. 2, p. 155-157, mai/ago, 2002.

WAGATSUMA, L.; KOBIYAMA, M.; BARCELLOS, M.; FRUET, D. Influência da mata ciliar e agricultura sobre temperatura do solo superficial. **Cadernos da Biodiversidade**, Curitiba, v. 4, n. 1, jan. 2003.

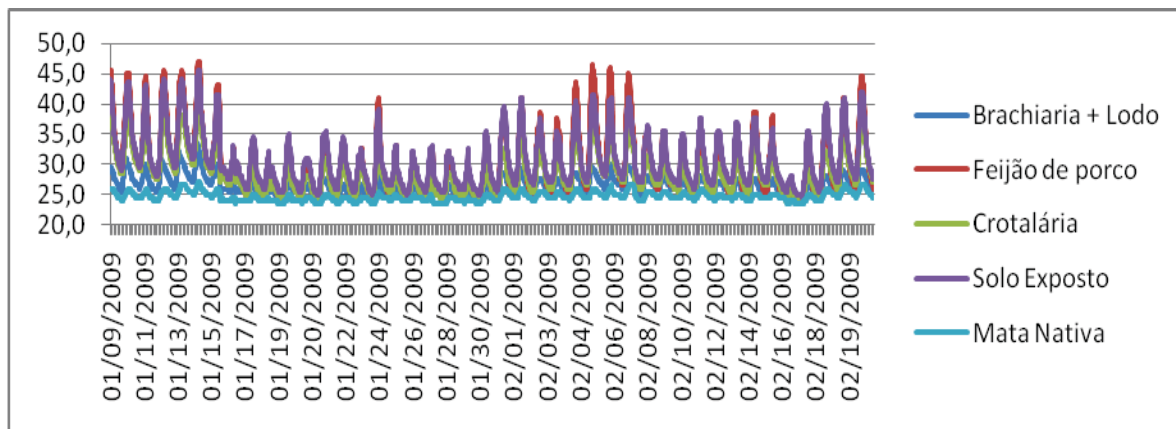
VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 524 p.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 2000. 449 p.

ANEXOS

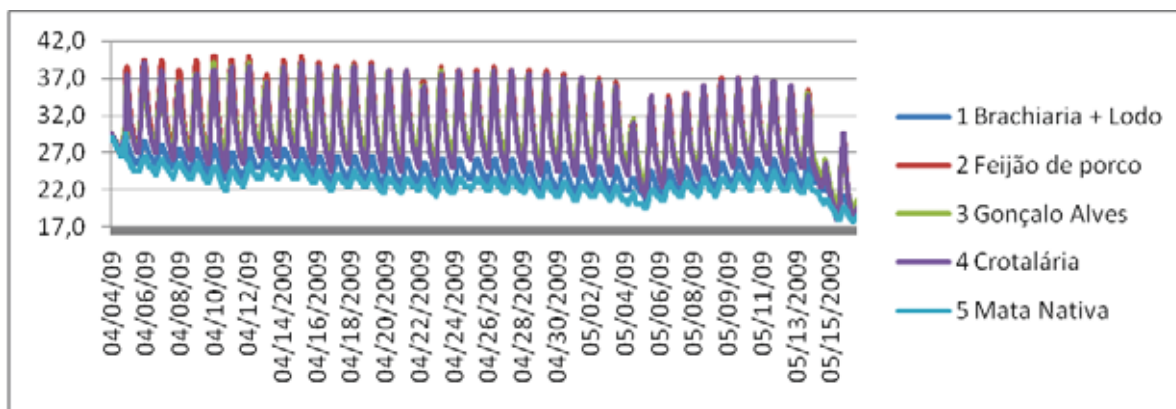
São apresentados nas Figuras 11 a 16, os valores da temperatura do solo e suas variações dentro de dos tratamentos avaliados ao longo dos períodos estudados.

Figura 11. Temperatura do solo na camada de 0 a 5 cm registrada durante o período de janeiro a fevereiro/2009.



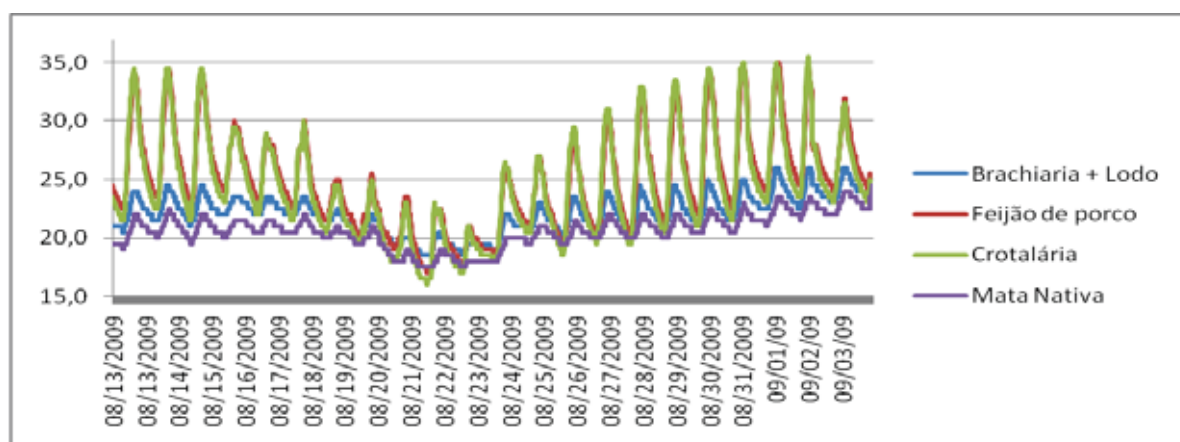
Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 12. Temperatura do solo na camada de 0 a 5 cm registrada durante o período de abril a maio/2009.



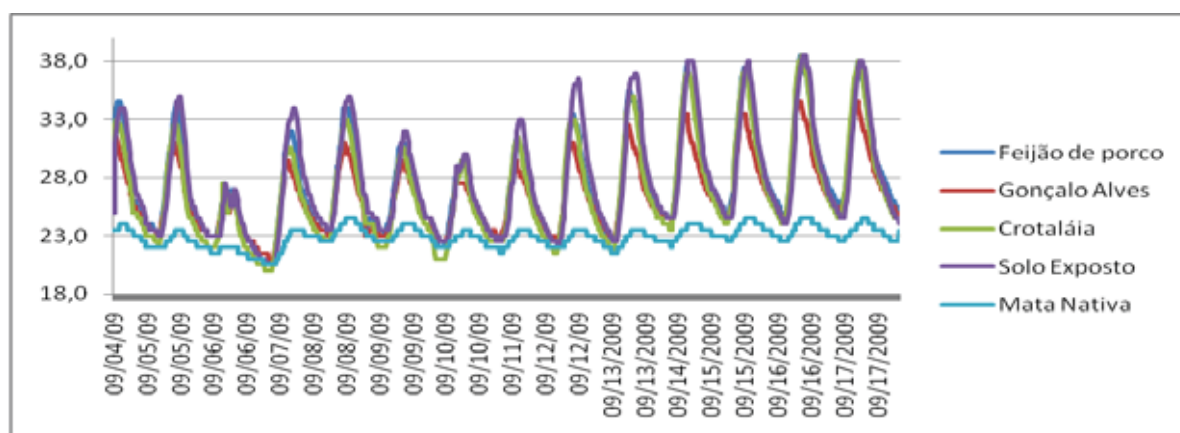
Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 13. Temperatura do solo na camada de 0 a 5 cm registrada durante o período de agosto a setembro/2009.



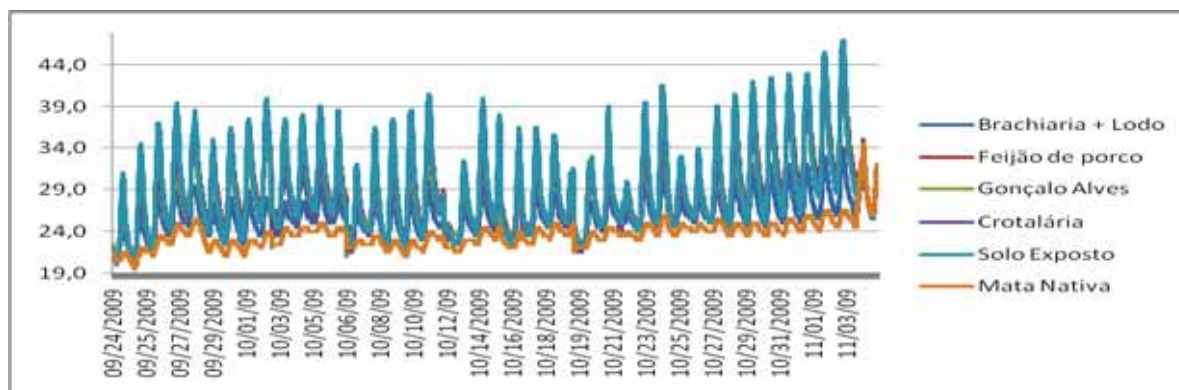
Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 14. Temperatura do solo na camada de 0 a 5 cm registrada durante o período de setembro.



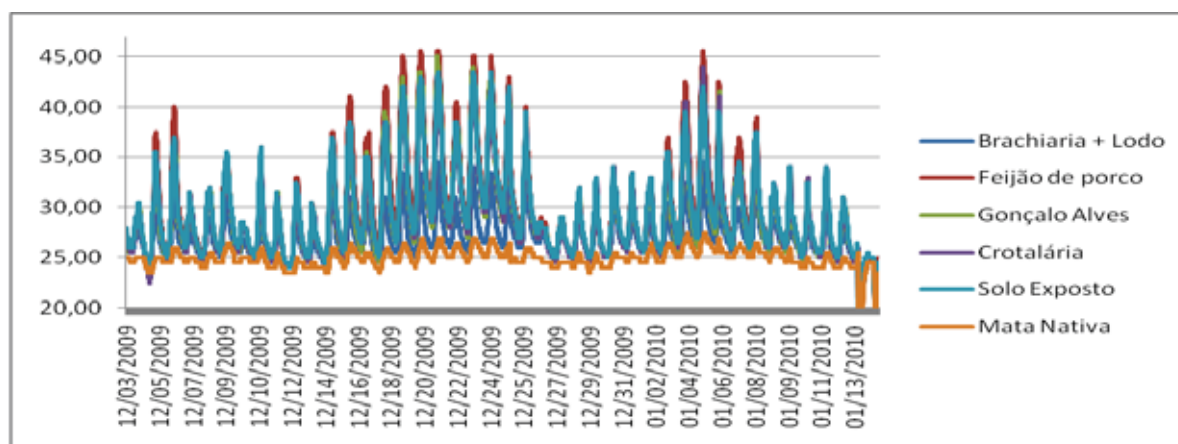
Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 15. Temperatura do solo na camada de 0 a 5 cm registrada durante o período de final de setembro, outubro a novembro/2009.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 16. Temperatura do solo na camada de 0 a 5 cm registrada durante o período de dezembro/2009 a janeiro/2010.



Fonte: Dados do próprio autor.