



## Qualidade física, química e biológica do solo e sensoriamento remoto na recuperação de pastagens degradadas através de sistemas integrados

Physical, chemical and biological soil quality and remote sensing in degraded pasture recovery through integrated systems

Leonnardo Cruvinel Furquim<sup>1\*</sup>; Daniel Noe Coaguila Nuñez<sup>2</sup>; José Mateus Kondo Santini<sup>3</sup>; Juliana Silva Rodrigues Cabral<sup>3</sup>; Epitácio José de Souza<sup>3</sup>; Antônio Heriberto de Castro Teixeira<sup>4</sup>; Gustavo Bayma-Silva<sup>5</sup>; Paulo Eustáquio Resende Nascimento<sup>6</sup>; Luís Fernando Stone<sup>7</sup>; Edson Luiz Souchie<sup>8</sup> & Marussa Cássia Favaro Boldrin<sup>9</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, doutorando em Agronomia pela UFG e professor do Instituto de Ensino Superior de Rio Verde, Rio Verde, GO. leonardolp@hotmail.co\*

<sup>2</sup> Biólogo, doutor em Agronomia, professor do Instituto de Ensino Superior de Rio Verde, Rio Verde, GO.

<sup>3</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor(a) do Instituto de Ensino Superior de Rio Verde, Rio Verde, GO.

<sup>4</sup> Agrônomo, doutor em Ciências Ambientais, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

<sup>5</sup> Geógrafo, mestre em Sensoriamento Remoto, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

<sup>6</sup> Engenheiro-agrícola, mestre em Engenharia Mecânica. Professor do IFGoiano, Rio Verde, GO.

<sup>7</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio, GO.

<sup>8</sup> Engenheiro Agrônomo, doutor em Agronomia, professor do Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, Rio Verde – GO.

<sup>9</sup> Engenheira Agrônoma, mestre em Ciências Agrárias. Laboratório Solo Forte, Rio Verde - GO

### Info

Recebido: 22/10/2018

Publicado: 14/11/2018

DOI: 10.29247/2358-260X.2018v5i3.p145-160

ISSN: 2358-260X

### Palavras-Chave

*integração Lavoura-pecuária-floresta, qualidade do solo, sensoriamento remoto*

### Keywords:

crop-livestock-forest integration, soil

### Resumo

A produção pecuária brasileira, baseada no extrativismo e na baixa sustentabilidade, causa produção limitada, viabilidade econômica e degradação do solo. Sistemas integrados são alternativas viáveis, sustentáveis e aplicadas à realidade dos produtores. O objetivo do presente trabalho foi medir a qualidade física, biológica e química do solo e avaliar parâmetros biofísicos por sensoriamento remoto. O experimento foi conduzido em Rio Verde - Goiás, com sete tratamentos: pastagem degradada, pastagem degradada com adubação, reforma convencional de pastagem, integração de plantio florestal (com árvores frutíferas e olivais), integração pecuária-floresta com pastagem, colheita Integração pecuária-floresta com produção de feno e integração lavoura-pecuária-floresta com produção de silagem com consórcio sorgo forrageiro com pastagem. Os parâmetros densidade do solo, porosidade total, macroporos,

índice S e capacidade de aeração do solo não diferiram estatisticamente. As pastagens degradadas apresentaram maior microporosidade em relação aos demais tratamentos. Os índices indicam maior retenção de água na pastagem degradada pela maior quantidade de microporos devido aos processos de compactação. Todos os tratamentos estavam abaixo do limite crítico de S de 0,045, cujos valores abaixo indicam degradação da estrutura do solo. Observou-se maior densidade populacional de fungos e bactérias, além de esporos de fungos micorrízicos em solos dos tratamentos sem revolvimento do solo. Os resultados referentes à fertilidade do solo foram responsivos apenas nos tratamentos onde a calagem foi realizada. Os dados de sensoriamento remoto foram precisos na determinação da biomassa atual e da evapotranspiração nos tratamentos.

### Abstract

Brazilian livestock production, based on extractivism and low sustainability, causes limited production, economic viability and soil degradation. Integrated systems are alternatives in the viable, sustainable and applied to the reality of the producers. The objective of the present work was to measure the physical, biological and chemical quality of the soil and to perform evaluation of biophysical parameters by remote sensing. The experiment was conducted in Rio Verde - Goiás, Brazil, with seven treatments: degraded pasture, degraded pasture with fertilization, conventional pasture reform, integration of crop-forest (with fruit trees and olive groves), livestock-forest integration with grazing, crop-livestock-forest integration with hay production and crop-livestock-forest integration with silage production with forage sorghum consortium with pasture. The parameters soil density, total porosity, macropores, S index and soil aeration capacity did not differ statistically. The degraded pastures presented higher microporosity in relation to the other treatments. The indexes indicate higher retention of water in the degraded pasture by the greater amount of micropores due to the compaction processes. All treatments were below the critical limit of S of 0.045, which values below this indicates degradation of soil structure. It was observed a higher population density of fungi and bacteria, besides spores of mycorrhizal fungi in soils of the treatments without revolving of the soil. Results regarding soil fertility were responsive only in the treatments where liming was performed. The remote sensing data were accurate in determining the current biomass and evapotranspiration in the treatments.

## INTRODUÇÃO

O avanço da produção agropecuária brasileira é um caso de sucesso no mundo inteiro e se deve ao somatório de amplo espaço territorial, condições climáticas, solo, topografia, pesquisa e extensão. Com 61% da área de seus biomas preservada e apenas 28% do território em produção, o Brasil tem papel fundamental em contribuir com a geração de energia renovável e elevar a produção de alimentos para atender a demanda mundial – segundo projeções do Órgão das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO, 2011) a produção mundial terá de ser elevada em 60% até 2050. Com a comprovada eficiência de seus sistemas produtivos, o Brasil concentra as maiores expectativas de incremento da produção com preservação ambiental e desenvolvimento econômico, é nesse ambiente que se encontra os sistemas integrados (BUNGENSTAB, 2012).

Kichel et al. (2012) definem a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) como sendo a produção sustentável de produtos agropecuários, buscando com isso efeitos sinérgicos e potencializadores entre os componentes envolvidos naquele agroecossistema. Dessa forma, a ILPF constitui-se de sistemas integrados de produção agrícola e pecuária caracterizados por serem planejados para explorar sinergismos e propriedades emergentes, frutos de interações nos compartimentos solo planta-animal-atmosfera, de áreas que integram atividades de produção agrícola e pecuária (Anghinoni et al., 2013).

O conceito de ILPF mais aceito e utilizado atualmente é o elaborado pela Embrapa, onde a ILPF é uma estratégia que visa a produção sustentável, que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, e busca efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica (Balbino et al., 2011).

A conversão de pastagens degradadas em sistemas ILPF, associada ao Sistema de Plantio Direto (SPD), pode até quadruplicar a capacidade de carga das pastagens (Broch et al., 1997), garantindo assim maior renda ao produtor, que passa a ganhar também com a atividade agrícola. O sistema, entretanto, não se limita a grandes lavouras e às áreas de pecuária. Pequenos agricultores usam máquinas específicas com tração animal ou pequenas plantadeiras mecanizadas em suas terras para o cultivo de culturas anuais (Freitas, 1998).

Além de ter a capacidade de drasticamente mitigar o desmatamento da vegetação nativa, a rotação Lavoura x Pecuária em Plantio Direto, pelas suas múltiplas externalidades positivas ao meio ambiente, é a chave para a sustentabilidade econômica e ambiental do agronegócio brasileiro (Landers e Freitas, 2001). A adoção de sistemas integrados proporciona benefícios recíprocos e reduz a degradação física, química e biológica do solo, resultante de cada uma das explorações (Kluthcouski & Stone, 2003).

O aumento na produtividade das lavouras e dos animais, em sistemas de integração lavoura-pecuária, é resultante da interação de vários fatores, muitas vezes, de difícil separação. Além da melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, a quebra de ciclo de pragas, doenças e plantas daninhas e contribui para aumentar a produtividade do sistema (Costa e Rava, 2003; Vilela et al., 2003).

Trabalhos de avaliação das taxas de acúmulo de carbono em diferentes sistemas de uso e manejo do solo no Cerrado observaram que os maiores estoques de carbono estão relacionados à presença de forrageiras, o que resulta na seguinte ordem decrescente de estoques de carbono no solo: pastagem permanente > integração lavoura-pecuária sob sistema de plantio direto (SPD) > lavoura em SPD > lavoura em cultivo convencional (Salton et al., 2011).

O sistema ILP melhora as características biológicas do solo em praticamente todos os aspectos

avaliados, em comparação com a pastagem degradada. Os teores de carbono da biomassa microbiana (CBM) e de quociente microbiano (qmic) aumentam e de quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>, reação para a estresse) reduzem nos ambientes da cronosequência da pastagem no sistema ILP, em comparação com a pastagem degradada. Também há melhora gradativa das propriedades biológicas dentro da cronosequência das pastagens do ILP, mostrando a importância da integração (rotação entre culturas anuais e pastagem) na promoção da vida microbiana e na imobilização do C no solo, e também o efeito positivo da pastagem dentro do sistema ILP para equilibrar os ocasionais efeitos negativos resultantes da produção de grãos sobre as propriedades biológicas do solo (Muniz et al, 2010).

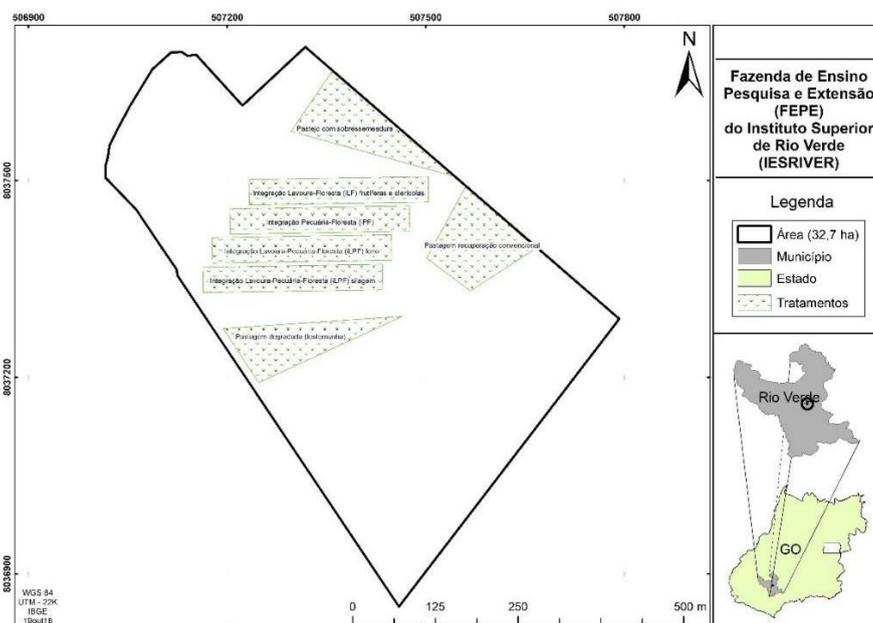
O sistema de produção mais intensivo demanda por máquinas, insumos e mão de obra especializada que, em muitos casos, inexistem em propriedades de pequeno porte, sendo que nestas a necessidade de aumento de produção e renda é, em muitos casos, emergencial. A melhor estratégia de ocupação da área

nos sistemas iLPF focados para pecuaristas dos diversos biomas carece de informações e de opções aos produtores para uma produção sustentável com boas condições físico, químicas e biológicas dos solos. O objetivo do presente trabalho é avaliar a qualidade do solo e a mensuração de parâmetros – biomassa e evapotranspiração – por sensoriamento remoto.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área para implantação do experimento

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade Objetivo em Rio Verde – Goiás em um Latossolo Vermelho Distrófico com histórico de pecuária extensiva e pastagem degradada. A área de estudo está localizada na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão (FEPE) do Instituto de Ensino Superior de Rio Verde (IESRIVER), no município de Rio Verde nas coordenadas geográficas 17,75° S e 50,93° W com 760 m de altitude (Figura 1).



**Figura 1** - Localização da Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão (FEPE) do Instituto de Ensino Superior de Rio Verde (IESRIVER). Rio Verde – Goiás.

O experimento consiste em 7 tratamentos implantados com o intuito de avaliar diferentes condições de reforma de pastagem no Cerrado: Pasto

Degradado Testemunha; Adubação de Pasto Degradado – calagem e adubação a lanço; Reforma Convencional – revolvimento do solo, calagem,

semeadura e adubação (com realização de 1 corte para feno); Integração Lavoura-Floresta – plantio de frutíferas e olerícolas (banana, abacaxi e melancia) entre renques de eucalipto; Integração Pecuária-Floresta – plantio de pastagem entre renques de eucalipto para pastejo imediato com construção de cercas elétricas a 1 metro de distância das linhas de floresta; Integração Lavoura-Pecuária-Floresta – plantio de pastagem entre renques de eucalipto para produção de feno; Integração Lavoura-Pecuária-Floresta – plantio de pastagem consorciado com sorgo forrageiro para produção de silagem. Cada tratamento tem aproximadamente 1,3 ha de área e foram implantados em novembro de 2017. A pastagem plantada foi o híbrido BRS RB331 Ipyorã e as mudas de eucalipto são do clone AEC-2111 com 22 metros entre renques.

## 2.2. Sensoriamento Remoto

As imagens livres de nuvens do Sentinel-2A (22KEF) foram adquiridas do U. S. Geological Survey ([www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)) com data 17 de fevereiro de 2018, e as variáveis agrometeorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)) da estação agrometeorológica localizada no município de Rio Verde, que forneceu as variáveis agroclimatológicas para calcular a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ; mm dia<sup>-1</sup>) pelo método FAO Penman-Monteith (Allen et al., 1998), assim como a temperatura média do ar (°C) e radiação global (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>), que possibilitaram o cálculo da evapotranspiração atual ( $ET_a$ ; mm dia<sup>-1</sup>) e biomassa (BIO; kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>). A partir do modelo agrometeorológico espectral SAFER (Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving) e do modelo de radiação de Monteith (Monteith, 1972; Teixeira, 2010; Teixeira, Antônio H. de C. et al., 2015).

Previamente à estimativa da evapotranspiração atual e biomassa via sensoriamento remoto, as imagens foram processadas com calibrações radiométricas e

atmosféricas e informações biofísicas (Coaguila, 2017; Teixeira et al., 2015).

## 2.3. Amostragem dos atributos físicos do solo e determinações

Para a análise física serão coletadas, em cada repetição, três amostras nas profundidades de 0-0,10 e 0,10-0,20 m, sendo uma deformada e duas não deformadas (uma no formato de torrão e outra pelo método do cilindro). As amostras com estrutura deformada serão utilizadas para determinar a textura do solo, pelo método da pipeta, e a densidade de partículas ( $D_p$ ), pelo método do balão volumétrico. As amostras não deformadas, coletadas em cilindros de 5 cm de diâmetro e 5 cm de altura, serão usadas para determinação da curva de retenção de água do solo e da densidade do solo ( $D_s$ ). A porosidade total ( $P_t$ ) será calculada pela equação:  $P_t = (1 - D_s / D_p)$ , a microporosidade pelo conteúdo de água retida na tensão de 6 kPa e a macroporosidade obtida pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade (EMBRAPA, 1997). A determinação das curvas de retenção de água será feita pelo método da centrífuga (FREITAS JÚNIOR; SILVA, 1984) nas tensões de água de 6, 8, 10, 33, 60, 100 e 1500 kPa. As curvas características de água no solo serão ajustadas por meio de regressão não-linear utilizando-se o modelo matemático proposto por van Genuchten (1980) dado por:

$$\theta = (\theta_{sat} - \theta_{res}) \left[ 1 + (\alpha h)^n \right]^{-m} + \theta_{res}$$

em que  $\theta$ ,  $\theta_{sat}$  e  $\theta_{res}$  são, respectivamente, os conteúdos de água do solo correspondentes à tensão  $h$ , à saturação e à umidade residual, em kg kg<sup>-1</sup>;  $h$  é a tensão matricial da água do solo, em kPa,  $n$  e  $m$  ( $m = 1 - 1/n$ ) são parâmetros empíricos adimensionais de ajuste e  $\alpha$  é um parâmetro expresso em kPa<sup>-1</sup>.

Determinar-se-á, com base nos parâmetros obtidos, o índice S, tangente à curva característica de

água no solo no ponto de inflexão, segundo a equação (DEXTER, 2004):

$$S = -n(\theta_{sat} - \theta_{res}) \left[ 1 + \frac{1}{m} \right]^{-(1+m)}$$

Será calculada a capacidade de aeração do solo (CAS) segundo a relação (REYNOLDS et al., 2002):

$$CAS = (Pt - CC) / Pt$$

em que CC é a capacidade de campo, considerada igual ao conteúdo de água no solo a tensão de 6 kPa, expressa em m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>.

A capacidade de água disponível (CAD) será calculada pela diferença entre o conteúdo de água a tensão de 6 kPa e a tensão de 1500 kPa (ponto de murcha), multiplicada pela espessura da camada considerada.

#### 2.4. Amostragem dos atributos químicos e determinações

As amostragens de solo foram realizadas nos tratamentos avaliados de forma aleatórias com sete repetições três meses após a implantação do sistema e cinco meses após a aplicação do calcário e preparo do solo. Foram retiradas 12 subamostras por parcela, na cada de 0 a 20 cm de profundidade, para constituir uma amostra composta. Para isso, utilizou-se o perfurador de solo do tipo BT 45 acoplado a broca de amostragem do tipo helicoidal. As determinações analíticas nas amostras de solo seguiram os métodos descritos pela Embrapa (2011).

#### 2.5. Análises microbiológicas

As amostras de solo para avaliação da densidade populacional, foram homogeneizadas, e retiradas dessa mistura 10 g de solo, misturado em 90 mL de solução salina (0,85%), seguindo o método das diluições sucessivas até 10<sup>-5</sup>. De cada diluição, foram transferidas alíquotas de 200 µL para placas de Petri esterilizadas, contendo os seguintes meios de cultura: para bactérias meio ágar padrão de contagem (PCA)

(triptona 5,0 g; extrato de levedura 2,5 g; glicose 1,0 g; ágar 15,0 g; água destilada 1000 mL) e para fungos meio BDA (infusão de 200 g de batata; dextrose 20 g; ágar 15 g; água destilada 1000 mL)

O número de isolados, foi determinado a partir de contagem direta em placas (triplicata) das unidades formadoras de colônias (UFC) após, no mínimo dois e, no máximo, seis dias de incubação, a 28 °C.

Para determinar a densidade de esporos foi utilizado a técnica de peneiramento úmido (GERDEMANN; NICHOLSON, 1963). Para extração de esporos foi coletado amostras de 100g de solo e posteriormente misturadas com água no becker e triturada para a lavagem, logo após, a amostra foi colocada em tubo tipo falcon com água em centrífuga à 3000 rpm durante 3 minutos, depois a água foi dispensada e assim, adicionou uma solução de sacarose a 50% e recolocada na centrífuga à 2000 rpm por 2 minutos, em seguida, foi despejado o líquido que contém os esporos em peneira, e por fim, armazenou-se em um recipiente até a análise no laboratório, procedimento que utilizou-se uma placa canelada para a contagem do número de esporos presente no solo através da lupa óptica Zeiss – Discovery.V8 (4x).

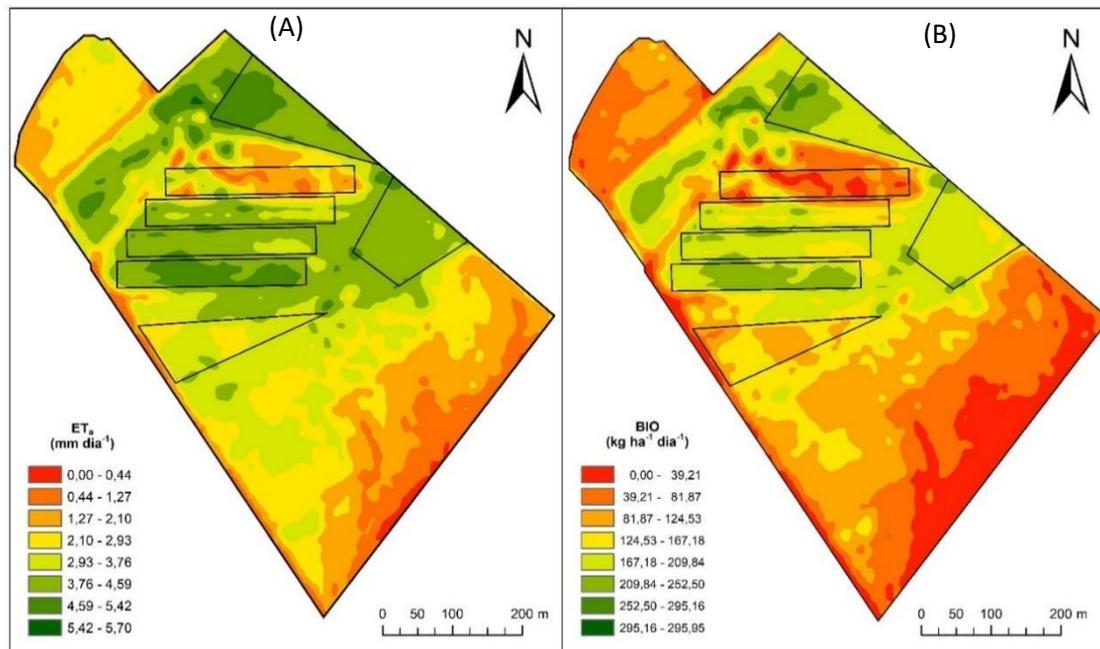
#### 2.6. Análises estatísticas

Com os dados iniciais realizou-se o teste de Kolmogorov – Smirnov (p > 0,05), buscando avaliar a normalidade das amostras. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o pacote ExpDes do software R 3.2.2 programa estatístico R (FERREIRA et al., 2011). Quando verificado efeito significativo para as variáveis, efetuou-se o teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do modelo SAFER, juntamente com dados de estações meteorológicas e imagens de alta resolução espacial (Sentinel-2A), foram obtidos os

valores médios dos parâmetros biofísicos como evapotranspiração atual ( $ET_a$ ) e biomassa (BIO) na área experimental do IESRIVER (Figura 2, Tabela 1).



**Figura 2.** Distribuição espacial dos valores diários da Evapotranspiração atual ( $ET_a$ ) (A) e da biomassa (BIO) (B) na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão (FEPE) do Instituto de Ensino Superior de Rio Verde (IESRIVER).

Nos sistemas integrados da Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão (FEPE) do Instituto de Ensino Superior de Rio Verde (IESRIVER) o tratamento que apresentou a maior evapotranspiração atual ( $4,60 \text{ mm dia}^{-1}$ ) e biomassa ( $187,08 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) foi o iLPF - Silagem, e no lado outro extremo o tratamento que apresentou a menor Biomassa ( $78,42 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) e evapotranspiração atual ( $2,23 \text{ mm dia}^{-1}$ ) foi o iLF com frutíferas e olerícolas, devido a que no local foi realizada uma roça de manutenção (Tabela 1). No noroeste do estado de São Paulo foi estimada biomassa para pastagem degradada na época úmida de  $60,87 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  (Coaguila *et al.*, 2017), valor de biomassa que representa a metade do valor estimado no presente estudo, devido ao valor de eficiência do uso da luz utilizado ( $3 \text{ g MJ}^{-1}$ ) (Bastiaanssen e Ali, 2003).

Os sistemas integrados, quanto a  $ET_a$ , foram superiores ao tratamento de pastagem degradada entre 17% e 45%,

assim como para BIO entre 29% e 73%. Destacando-se a integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF-silagem) com os maiores valores quando comparada com a pastagem degradada. Resultados equivalentes para diferentes coberturas vegetais foram reportados para o noroeste Paulista (Coaguila *et al.*, 2016; Franco, Hernandez e Teixeira, 2014), em condições semiáridas brasileiras (Teixeira *et al.*, 2013), Goiás (Andrade *et al.*, 2014) e Mato Grosso do Sul (Andrade *et al.*, 2015; Teixeira, Antônio H de C *et al.*, 2015).

**Tabela 1.** Evapotranspiração atual (ET<sub>a</sub>) e biomassa (BIO) por tratamento na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão (FEPE) do Instituto de Ensino Superior de Rio Verde (IESRIVER)

Tratamento	ET <sub>a</sub> (mm dia <sup>-1</sup> )	BIO (kg ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )
Pastejo com sobressemeadura	4,55 ± 0,40	209,64 ± 27,48
Integração Lavoura-Floresta (iLF), frutíferas e olerícolas	2,23 ± 0,88	78,42 ± 42,52
Integração Pecuária-Floresta (iPF)	3,72 ± 0,61	158,59 ± 36,58
Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF-feno)	4,12 ± 0,34	183,00 ± 21,82
Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF-silagem)	4,60 ± 0,29	213,37 ± 18,84
Pastagem degradada	3,17 ± 0,43	123,00 ± 23,55
Pastagem recuperação convencional	4,17 ± 0,23	187,08 ± 15,10

Dos atributos físicos indicadores de qualidade do solo apenas a microporosidade e capacidade de

água disponível apresentou diferença entre os tratamentos (

Tabela ).

A pastagens degradada (testemunha) apresentou maior microporosidade em relação aos demais tratamentos. Esta diferença com os tratamentos

constituídos pelos sistemas integrados e o tratamento de pastagem recuperada de forma convencional é justificada pelas intervenções mecânicas (grade aradora, subsolador e grade niveladora) necessária para as suas instalações

**Tabela 2.** Média, desvio padrão (σ) e coeficiente de variação (CV) médio das variáveis dependentes: densidade do solo (DS), porosidade do solo (PT), macroporosidade (Mac), Microporosidade (Mic), índice S (S), capacidade de água disponível (CAD), capacidade de aeração do solo (CAS). Valores de F e significância da Distribuição F de Fisher-Snedecor e valores das médias dos tratamentos. Rio Verde – Goiás.

Tratamentos	DS Mg m <sup>-3</sup>	PT -----(m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )-----	Mac	Mic	S adm	CAD mm	CAS adm
Média	1,29	0,50	0,12	0,38	0,038	10,56	0,24
σ	0,060	0,02	0,02	0,02	0,010	1,24	0,04
CV	4,6	4,3	19,3	5,2	15,3	11,8	16,6
Distribuição F de Fisher-Snedecor							
F	2,54	2,20	0,30	6,56	1,27	3,88	0,63
Sig	0,06	0,09	0,92	0,00	0,32	0,01	0,70
Médias dos tratamentos							
Pastagem degradada	1,35 a	0,53 a	0,11 a	0,42 a	0,035 a	11,46 a	0,20 a
iLPF + Silagem	1,27 a	0,51 a	0,13 a	0,38 b	0,041 a	11,19 a	0,25 a
iLPF + Feno	1,27 a	0,50 a	0,12 a	0,38 b	0,039 a	10,92 a	0,24 a
iPF	1,27 a	0,50 a	0,12 a	0,38 b	0,039 a	10,92 a	0,24 a
iLPF + Fruticultura	1,32 a	0,49 a	0,12 a	0,37 b	0,034 a	9,22 b	0,25 a
Pastagem em Sobressemeadura	1,27 a	0,49 a	0,12 a	0,37 b	0,035 a	9,28 b	0,24 a
Recuperação Convencional	1,27 a	0,50 a	0,12 a	0,38 b	0,039 a	10,92 a	0,24 a

\*:Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem entre si de acordo com o teste de Dunnett a 5% de probabilidade, bilateral e em comparação ao pasto degradado. adm.= Adimensional.

No entanto acreditava-se que o tratamento de pastagem em sobressemeadura tivesse um comportamento análogo a testemunha, devido ao fato

não ter ocorrido nenhuma intervenção mecânica na sua instalação e ambos apresentavam as mesmas taxas de lotação de animais antes da instalação do ensaio. A

diferença dos atributos físicos nesta situação pode estar relacionada a diversos fatores, dentre eles a distribuição desuniforme dos animais na área (REICHERT et al., 2007), assim este comportamento intensificaria o pisoteio animal e que por sua vez alteraria o arranjo dos justificando esta diferença (ASSIS et al., 2015). A quantificação da microporosidade e de extrema

Tabela ). O maior CAD ocorreu na testemunha com 11,46 mm e os menores valores nos tratamentos iLPF com fruticultura e pastagem em sobressemeadura 9,22 e 9,28 mm, respectivamente. Coincidentemente a testemunha foi o tratamento que apresentou a maior microporosidade e menores valores da ficaram no iLPF com fruticultura e pastagem em sobressemeadura. Este comportamento ressalta que a importância da microporosidade na retenção de água do solo (CARDUCCI et al., 2015; CARMO et al., 2018).

Apesar de não apresentar diferença significativas em ambos os tratamentos o índice S, este atributo é considerado um dos indicadores de qualidade física mais sensíveis as mudanças da estrutura do solo (MAIA, 2011, SILVA; BENEVENUTE; MELO, 2017). Ambos os tratamentos ficaram abaixo do limite crítico de 0,045, o qual valores abaixo a este indica tendência a degradação da estrutura do solo (ANDRADE; STONE, 2009. STONE et al., 2015).

Acredita-se as poucas diferenças entre os tratamento avaliados em relação aos atributos físicos esta relacionado ao curto período da implantação ate a avaliação e que as principais fatores limitantes da área estariam ligados aos indicadores químicos e biológicos do solo, tendo em vista que os demais atributos físicos como: macroporosidade, densidade do solo e porosidade total apresentaram valores dentro do limite crítico de qualidade física do solo.

Nos atributos químicos do solo (P, S, K, Ca, Mg, pH, MO, SB, CTC, V% e m) poucos efeitos significativos foram encontrados, quando comparados

importância, pois são esses os poros são responsáveis pela retenção e armazenamento de água (CARMO et al. 2018).

A capacidade de água disponível (CAD) foi o outro atributo físico do solo que apresentou diferenças significativa nos tratamentos (

os tratamentos avaliados com o tratamento controle (Pastagem degradada).

No tratamento de ILPF + fruticultura observou-se maiores concentrações de P no solo, valores estes que representam 42% superiores aos demais tratamentos (Tabela 3). O aumento é explicado pela maior aplicação de P ao solo, em vista que se realizou a adubação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em área total, além das fertilizações nas covas de plantio, resultando no incremento dos teores no solo. Torna-se concisa que mesmo com a aplicação de altas doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ocorreu baixo aumento das concentrações de P no solo, esse fato se deve a fixação de P em solos tropicais e veriam de acordo com a textura do solo (MACHADO e SOUZA, 2012) e até os minerais constituintes de suas frações, principalmente, da fração argila (VILAR et al., 2010; BARBIERI et al., 2013).

Nas concentrações de S, K, Ca e Mg (Tabela 3), observa-se que a maioria dos tratamentos não diferem do tratamento controle. Essas não diferenças são explicados devido ao pouco tempo do uso intensivo da área. Deve salientar que a área antes da realização do experimento, estava em estado degradado, bem como, a análise foi realizada três meses após a implantação do experimento, tempo este consideravelmente pequeno para modificações visíveis na fertilidade da área.

As concentrações de P, S e K, de acordo com Souza e Lobato (2004) são considerados insuficientes, já para as concentrações de Ca e Mg, os valores de forma geral são considerados satisfatórios.

**Tabela 3.** Média, desvio padrão ( $\sigma$ ) e coeficiente de variação (CV) médio das variáveis dependentes: fósforo (P), enxofre (S), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Valores de F e significância da Distribuição F de Fisher-Snedecor e valores das médias dos tratamentos. Rio Verde – Goiás.

Tratamentos	P	S	K	Ca	Mg
	----- (mg dm <sup>-3</sup> ) -----			---- (cmole dm <sup>-3</sup> ) ----	
média	1,12	3,83	40,63	2,85	1,18
$\sigma$	0,31	0,91	11,63	0,81	0,22
CV	28,14	23,82	28,63	28,48	18,86
Distribuição F de Fisher-Snedecor					
F	6,74	4,41	5,46	3,22	0,73
Sig	0,00	0,00	0,00	0,01	0,63
Médias dos tratamentos					
Pastagem degradada	1,08 a*	3,93 a	38,00 a	2,21 a	1,18 a
iLPF + Silagem	1,02 a	3,48 a	43,43 a	3,42 b	1,25 a
iLPF + Feno	0,93 a	3,81 a	44,00 a	2,58 a	1,20 a
iPF	0,94 a	4,28 a	25,86 a	2,55 a	1,04 a
iLPF + Fruticultura	1,50 b	4,69 a	36,00 a	3,17 a	1,21 a
Pastagem em Sobressemeadura	1,40 a	2,76 b	45,83 a	3,43 b	1,12 a
Recuperação Convencional	0,95 a	3,89 a	51,29 a	2,57 a	1,22 a

\*:Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem entre si de acordo com o teste de Dunnett a 5% de probabilidade, bilateral e em comparação ao pasto degradado.

Em avaliação das concentrações de MO (Tabela 4), verifica-se que não houve efeito significativo entre o tratamento controle e os demais tratamentos avaliados. Enaltece que essa não diferença vai contra a hipótese, já que, com o uso dos tratamentos, aonde realizou-se o preparo do solo, esperava-se menores concentrações de MO. Essa redução de MO pelo uso do revolvimento do solo é constantemente mencionado na literatura (Parra, 1984; Calegari et al.; 1992; Muzilli, 1993; Muzilli, 1996), porém para o presente estudo, não se verificou até o presente momento da análise.

Entre as avaliações químicas, para o pH (Tabela 4), observou-se efeito significativo para todos os tratamentos que se realizou a aplicação de Calcário, em comparação ao controle (pastagem degradada), não verificando efeito somente para a Recuperação Convencional. Esse aumento é representativo, pois entre o tratamento controle e os tratamentos com efeitos significativos ocorreu o incremento de aproximadamente 10% do pH. Valor considerável em curto prazo, porém já constato na literatura aumento das concentrações de pH curto tempo.

Como a SB é a somatória de Ca, Mg e K, e devidos aos não efeitos encontrados para esses nutrientes, de igual modo poucos efeitos foram verificados para a variável. Já a CTC como ela é principalmente correlacionada com a mineralogia do solo, o uso de tratamentos não poderia diferir de forma marcante, sendo apenas pelo incremento de MO, sendo que, não se verificou no presente estudo incremento para essa variável.

Entre as variáveis estudadas, na hipótese, os principais elementos da fertilidade modificados seriam o pH, bem com a Saturação por bases, pela rápida resposta após a aplicação de Calcário, pelos resultados de V%, nota-se que em 5 meses após a aplicação houve aumento considerável na V% de todos os tratamentos em relação ao controle, representando em média 33% a mais na saturação. Nota-se efeito de igual modo para a saturação de alumínio, porém, as concentrações estão próximas a neutralização total do alumínio, e os valores encontrados pouco influenciam no desenvolvimento dos vegetais. Para Souza e Lobato (2004) a m% máxima

deve ser inferior a 20%, valor demasiadamente longe dos encontrados no presente estudo.

**Tabela 4.** Média, desvio padrão ( $\sigma$ ) e coeficiente de variação (CV) médio das variáveis dependentes: Matéria orgânica (MO), pH, soma das bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m). Valores de F e significância da Distribuição F de Fisher-Snedecor e valores das médias dos tratamentos. Rio Verde – Goiás.

Tratamentos	MO mg dm <sup>-3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>	SB --- (cmolc dm <sup>-3</sup> ) ---	CTC	V% ----- (%)-----	m
média	42,96	5,21	4,11	7,25	56,31	0,79
$\sigma$	3,36	0,24	0,96	0,99	8,77	0,47
CV	7,82	4,64	23,34	13,61	15,57	59,29
Distribuição F de Fisher-Snedecor						
F	2,6	13,15	2,47	2,13	4,61	4,63
Sig	0,03	0	0,04	0,07	0	0
Médias dos tratamentos						
Pastagem degradada	41,86 a	4,85 a*	3,49 a	7,69 a	44,42 a	0,99 a
iLPF + Silagem	43,09 a	5,38 b	4,80 b	7,77 a	61,50 b	0,43 b
iLPF + Feno	41,46 a	5,25 b	3,77 a	6,66 a	56,91 b	0,91 a
iPF	40,13 a	5,21 b	3,66 a	6,63 a	54,18 a	1,21 a
iLPF + Fruticultura	44,60 a	5,28 b	4,47 a	7,65 a	57,67 b	0,79 a
Pastagem em Sobressemeadura	44,63 a	5,48 b	4,65 a	7,49 a	62,05 b	0,32 b
Recuperação Convencional	44,95 a	5,06 a	3,93 a	6,88 a	57,44 b	0,86 a

\*:Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem entre si de acordo com o teste de Dunnett a 5% de probabilidade, bilateral e em comparação ao pasto degradado.

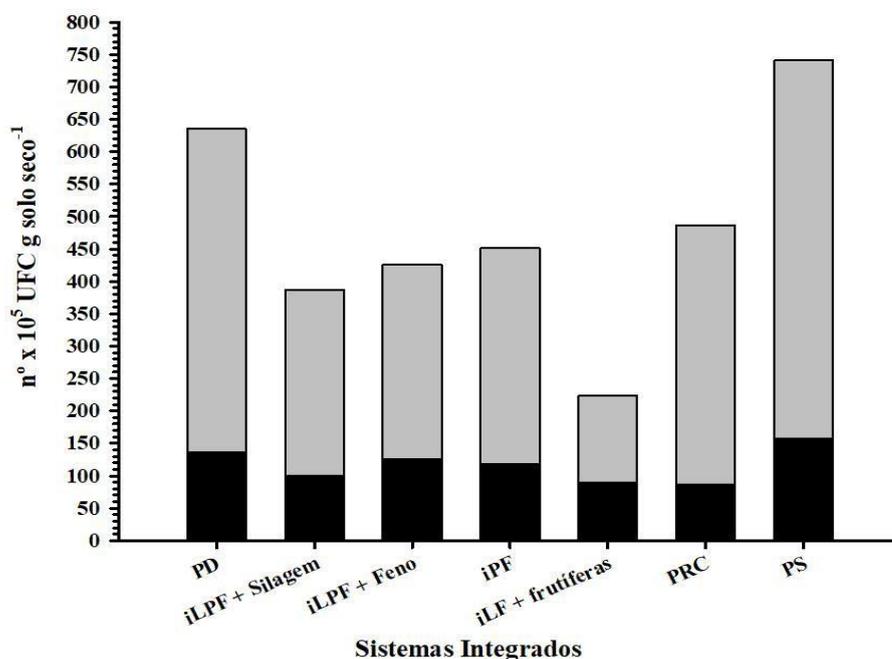
Destaca-se que os efeitos para no pH, elevação de teores de Ca e Mg e aumento da saturação por bases são efeitos em longo prazo. Verifica-se na literatura que o tempo ocorrido para a máxima reação do calcário aplicado na superfície é 32 meses em um Latossolo Vermelho argiloso (Oliveira & Pavan, 1996) e de 28 a 30 meses em um Latossolo Vermelho textura média (Caires et al., 2000). Com a incorporação tende a aceleração do processo de reação, mas ainda não se justificaria pensar nos três meses do presente estudo. Camargo et al. (1982) e Oliveira et al. (1997) encontraram valores, com o calcário incorporado na camada arável em sistema convencional de preparo do solo, para entre 23 e 35 meses após a aplicação a maior reação do calcário.

Sobre resultados de microbiologia do solo, visualmente foi observada considerável variação de fungos miceliais e colônias mucosas no solo dos Sistemas Integrados, em diferentes tipos de meio de

cultura utilizados para determinar a densidade populacional de fungos e bactérias.

O número de isolados fúngicos foi superior ao de bactérias (Figura 3) independente do Sistema implantado. Quando foi verificado a população de bactérias entre os Sistemas Integrados, os com maior densidade foi Pastagem com Sobressemeadura (157,7 x 10<sup>5</sup> UFC g solo seco<sup>-1</sup>), seguido da Pastagem Degradada (135,5 x 10<sup>5</sup> UFC g solo seco<sup>-1</sup>). Sendo que os outros cinco sistemas ficaram com média de 104,2 x 10<sup>5</sup> UFC g solo seco<sup>-1</sup> isolados bacterianos (Figura 3).

Quanto a densidade de isolados fúngicos, o mesmo comportamento foi verificado, com a Pastagem com Sobressemeadura e Degradada tendo os maiores valores (500,0 e 583,3 x 10<sup>5</sup> UFC g solo seco<sup>-1</sup>, respectivamente), e os outros cinco Sistemas Integrados obtendo os menores valores, com média de 290,79 x 10<sup>5</sup> UFC g solo seco.



**Figura 3.** Quantificação de fungos e bactérias isolados de solo de Sistemas Integrados, instalados na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) na Faculdade Objetivo. PD= Pastagem Degradada; iLPF + Silagem= Integração Lavoura-Pecuária-Floresta + Solagem; iLPF + Feno= Integração Lavoura-Pecuária-Floresta + Feno; iPF= Integração Pecuária-Floresta; iLF + frutíferas= Integração Lavoura-Floresta + Frutíferas; PRC= Pastagem Recuperação Convencional; PS= Pastagem com Sobresemeadura.

Tal comportamento quanto a microbiota do solo pode ser justificado devido os tratos culturais utilizados no momento da implantação dos Sistemas Integrados, sendo os resultados da biologia do solo obtidos após três meses da instalação destes. Na Pastagem Degradada não ocorreu nenhum manejo sendo mantida suas características, na Pastagem com Sobresemeadura foi realizado calagem e adubação sem revolvimento do solo, sendo estes dois Sistemas os com maiores densidade populacional de micro-organismos (figuras 3 e 4), por não ter ocorrido nenhum tipo de revolvimento e movimentação no solo que pudesse interferir na comunidade microbiana. Nos outros cinco Sistemas Integrados foi utilizado grade pesada, subsolador, grade niveladora e aplicação de calcário, Fosfato Monoamônio (MAP), cloreto de potássio (KCL) e uréia, tendo com isto uma grande movimentação do solo, com impacto direto na biota. Além de no iLF + frutíferas ter sido realizado uma roça de manutenção, e como demonstrado nas análises de Biomassa e

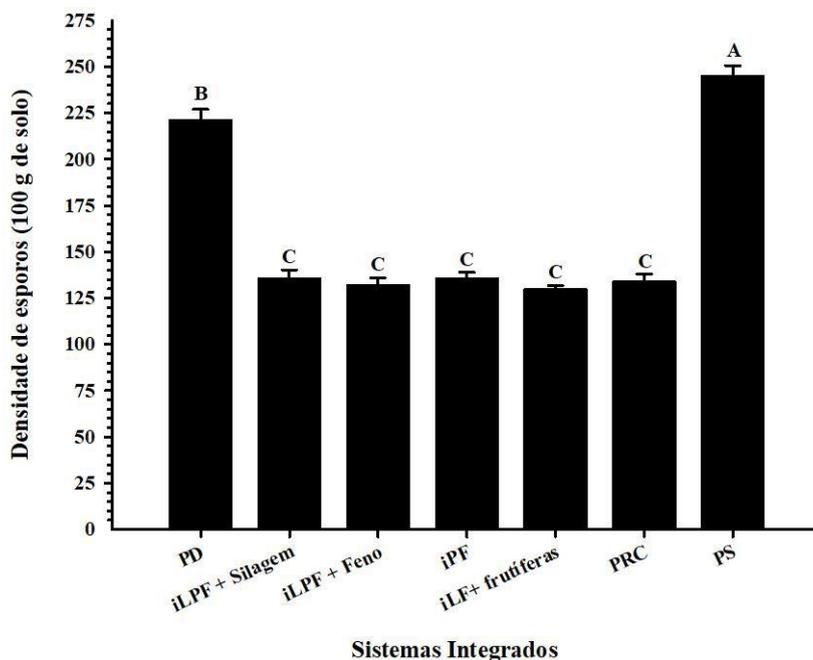
evapotranspiração, obtendo as menores médias nestas variáveis.

As atividades agropastoris afetam a comunidade microbiana, alterando a diversidade e funcionalidade dos micro-organismos que são importantes para a estabilidade dos ecossistemas (SMITH; READ, 2008). Na camada mais superficial do solo, denominada arável, é onde se concentram as raízes mais finas e maior atividade microbiana, qualquer interferência que ocorra nessa camada do solo terá impacto na comunidade microbiana (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), podendo reduzi-la como foi observado nos resultados do presente trabalho.

Como habitat principal dos Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) temos a camada arável, sendo que tratos convencionais, que utilizam técnicas que alteram as camadas

superficiais do solo com arado e gradagem afetam os FMA, podendo diminuir a densidade de esporos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), como pode ser observado na Figura 2. Além de romper a rede de

hifas formada pelos FMA, reduzindo a colonização, e absorção de fósforo e água (ALGUACIL et al., 2008)



**Figura 4.** Densidade de esporos micorrízicos em Sistemas Integrados, instalados na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) na Faculdade Objetivo. Médias seguidas pela mesma letra, não difere entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. PD= Pastagem Degradada; iLPF + Silagem= Integração Lavoura-Pecuária-Floresta + Solagem; iLPF + Feno= Integração Lavoura-Pecuária-Floresta + Feno; iPF= Integração Pecuária-Floresta; iLF + frutíferas= Integração Lavoura-Floresta + Frutíferas; PRC= Pastagem Recuperação Convencional; PS= Pastagem com Sobressemeadura.

Porém, os Sistemas Integrados podem trazer diversos benefícios, dentre estes melhoram da estrutura do solo, contribuindo com as propriedades físicas, químicas e biológicas (SANDERSON et al., 2013), sendo importante pesquisas com acompanhamento a longo prazo

## CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, foi possível constatar a maior densidade populacional de fungos e bactérias, além de esporos de fungos micorrízicos em solos dos tratamentos sem revolvimento do solo. Nas avaliações físicas do solo, observou-se alterações em microporosidade e conteúdo de água no solo que são parâmetros dependentes entre si e com maior

expressividade em solos não revolvidos. As alterações químicas do solo são resultadas das práticas de adubação de implantação dos tratamentos de recuperação convencional e integrados, como a elevação da saturação por bases que é resultado da calagem.

Os três índices analisados conjuntamente proporcionam parâmetros de determinação da qualidade do solo e disponibilidade do material vegetal e apresentaram relação com a disponibilidade de biomassa definida por sensoriamento remoto, porém, é necessário mais tempo para que os efeitos dos tratamentos sejam expressados nos resultados.

## REFERÊNCIAS

- ALGUACIL, M. M. et al. The Impact of tillage practices on arbuscular mycorrhizal fungal diversity in subtropical crops the impact of tillage practices on arbuscular mycorrhizal fungal diversity in subtropical crops. **Ecological Applications**, v. 18, n. 2, p. 527–536, 2015.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56**. Roma: FAO, 1998. v. 1, 300
- ANDRADE, R. G.; TEIXEIRA, A. H. DE C.; LEIVAS, J. F.; NOGUEIRA, S. F.; BAYMA, G.; VICTORIA, D. D. C.; GOMES, A. F. **Estimativa da evapotranspiração e da biomassa de pastagens utilizando o algoritmo SAFER e imagens MODIS** (INPE, Ed.) Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. **Anais...** João Pessoa-PB: Anais XVII SBSR-INPE, 2015
- ANDRADE, R. G.; TEIXEIRA, A. H. DE C.; SANO, E. E.; LEIVAS, J. F.; VICTORIA, D. C.; NOGUEIRA, S. F. **Evapotranspiração em pastagens com indicativos de degradação na bacia hidrográfica do Alto Tocantins II** Inovagri International Meeting. **Anais...** Fortaleza: II Inovagri International Meeting, 2014
- ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; COSTA, S. E. V. G. A. Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropical brasileiro. In: Eds. Araújo, A. P.; Avelar, B. J. R. **Tópicos Ci. Solo**, 8. ed., Viçosa - MG UFV, 2013. pp. 221-278.
- ASSIS, P.C.R.; STONE, L.F.; MEDEIROS, J.C.; MADARI, B.E.; OLIVEIRA, J. de M.; WRUCK, F.J. Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p.309- 316, 2015
- BALBINO, L. C.; KICHEL, A. N.; BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. **Sistemas de integração: o que são, suas vantagens e limitações**. In: Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável. Ed. Bungenstab, D. J. – 2.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. pp. 11-18.
- BARBIERI, D. M.; MARQUES JR., J.; PEREIRA, G. T.; SCALA JR., N. L.; SIQUEIRA, D. S.; PANOSSO, A. R. Comportamento dos Óxidos de ferro da Fração argila e fazer adsorvido Fósforo, EM Diferentes Sistemas de Colheita de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 6, dezembro de 2013
- BASTIAANSEN, W. G. M.; ALI, S. A new crop yield forecasting model based on satellite measurements applied across the Indus Basin, Pakistan. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 94, p. 321–340, 2003.
- BROCH, D. L.; PITOL C.; BORGES, E. P. 1997. **Integração Agricultura-Pecuária: plantio direto da soja sobre pastagem na integração agropecuária**. Maracaju-MS, FUNDAÇÃO MS para pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias. Informativo técnico, 1997.
- BUNGENSTAB, D. J. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012.
- CAIRES, E.F.; BANZATTO, D.A. & FONSECA, A.F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:161-169, 2000
- CALEGARI, A.; FERRO, M.; GRZESIUK, F.; JACINTO JR., L. Plantio direto e rotação de culturas. Experiência em Latossolo Roxo. IAPAR/COCAMAR/ZENECA, Fazenda Sto. Antonio, Floresta (PR), 1985-1992 (Relatório mimeografado).
- CAMARGO, A.P.; RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; ROCHA, T.R.; NAGAI, V. & MASCARENHAS, H.A.A. Efeito da calagem nas produções de cinco cultivos de milho, seguidos de algodão e soja. *Pesq. Agropec. Bras.*, 17:1007-1012, 1982.
- CARDUCCI, C. E.; OLIVEIRA, G. C.; OLIVEIRA, L. M.; BARBOSA, S. M.; SILVA, E. A. Retenção de água do solo sob sistema conservacionista de manejo com diferentes doses de gesso. **Revista Ciências Agrárias**, v. 58, p. 284- 291, 2015.

- CARMO, M. C.; CUNICO, J. M.; SANTOS, M. R. G.; SILVA, P. K. M.; SIQUEIRA, M. G. Densidade e porosidade do solo em pastagem recuperada e degradada, na Amazônia ocidental. **Agrarian academy**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.5, n.9; p. 2018.
- COAGUILA, D. N. **Determinação da Evapotranspiração com aplicação do algoritmo SAFER em imagens LANDSAT na escala de microbacia**. Ilha Solteira, Brasil: 219 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, 2017.
- COAGUILA, D. N.; HERNANDEZ, F. B. T.; C. TEIXEIRA, A. H. DE; NEALE, C. M.; FRANCO, R. A. M.; LEIVAS, J. F. **Annual variability of water productivity components in the watershed of Cabeceira Comprida stream, Santa Fé do Sul, Brazil** (C. M. U. Neale & A. Maltese, Eds.)Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XVIII. **Anais...**Edinburgh: 25 out. 2016Disponível em: <<http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?doi=10.1117/12.2242007>>. Acesso em: 29 dez. 2016
- COAGUILA, D. N.; HERNANDEZ, F. B. T.; TEIXEIRA, A. H. D. C.; FRANCO, R. A. M.; LEIVAS, J. F. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Water productivity using SAFER - Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving in watershed Produtividade da água estimada pelo SAFER - Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving em bacia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 8, p. 524–529, 2017.
- COSTA, J. L. da S.; RAVA, C. A. Influência da braquiária no manejo de doenças do feijoeiro com origem no solo. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura\_pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.523-533.
- DEXTER, A. R. Soil physical quality, Part 1, Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth, **Geoderma**, v,120, p,201-214, 2004.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- FAO, **Women in Agriculture: Closing the gender gap for development**. Food and Agriculture Organization of the United Nation - FAO. Rome (2011).
- FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T.; TEIXEIRA, A. H. DE C. **Water productivity of different land uses in watersheds assessed from satellite imagery Landsat 5 Thematic Mapper** (C. M. U. Neale & A. Maltese, Eds.)Proc. of SPIE Vol. 9239. **Anais...**Amsterdam: SPIE, 21 out. 2014Disponível em: <<http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?doi=10.1117/12.2067459>>. Acesso em: 6 jul. 2015
- FREITAS JÚNIOR, E.; SILVA, E. M. Uso da centrífuga para a determinação da curva de retenção de água no solo, em uma única operação, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v,19, p,1423-1428, 1984.
- FREITAS, P. L. de. CERRADOS a natureza agradece. **Revista Manchete Rural** (Empresas Bloch, Rio de Janeiro, RJ) Ano 11, setembro de 1998. p.75-82.
- GENUCHTEN, M. T. A closed form equation for predicting the hydraulic properties of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v,44, p,892-898, 1980.
- GERDEMANN, J. W.; NICHOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 46, n. 2, p. 235-344. 1963.
- IPCC. Future Pathways for Adaptation, Mitigation and Sustainable Development. *In*: THE CORE WRITING TEAM; PACHAURI, R. K.; MEYER, L. (Eds.). **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Geneva: IPCC, 2014. p. 75–91.
- KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G.; COSTA, J. A. A. **Integração lavoura-pecuária floresta e sustentabilidade na produção de soja**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6,

- 2012, Cuiabá, MT. Anais. Cuiabá, MT: Embrapa; Aprosoja, 2012. p. 1-3. 1 CD-ROM.
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570 p.
- LANDERS, J. L.; FREITAS, P. L. de. Preservação da Vegetação Nativa nos Trópicos Brasileiros por Incentivos Econômicos aos Sistemas de Integração Lavoura x Pecuária com Plantio Direto. In: **Encontro Nacional da ECOECO**, 4º, Belém, PA. Nov., 2001. Belém, PA, Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. Disponível em [http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/iv\\_en/mesa3/10.pdf](http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/iv_en/mesa3/10.pdf)
- LUÍS F. STONE, L. F.; DIDONET, A. D.; ALCÂNTARA, F.; FERREIRA, E. P. B. Qualidade física de um Latossolo Vermelho ácrico sob sistemas silviagrícolas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.953–960, 2015.
- MACHADO, V. J.; SOUZA, C. H. E. Disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico de liberação lenta. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, supplement 1, p.1-7, Mar. 2012
- MAIA, C.E. Índice S para avaliação da qualidade física do solo. **Revista brasileira de ciência do solo**, 35:1959- 1965, 2011
- MONTEITH, J. L. Solar Radiation and Productivity in Tropical Ecosystems. **The Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 9, n. 3, p. 747–766, dez. 1972.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2ª edição, Lavras: Editora UFLA, 2006.
- MUNIZ, L. C.; MADARI, B. E.; TROVO, J. B. de F.; MACHADO, P. L. O. de A.; COBUCCI, T.; FRANÇA, A. F. de S. **Atributos biológicos do solo numa cronossequência de pastagens em sistema ILP no Cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 8 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico 198).
- MUZILLI, O. A fertilidade do solo no contexto da agricultura sustentável. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 12., Águas de Lindóia (SP), 1996. Anais... Comissão de Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas, 1996.
- MUZILLI, O. Influência do plantio direto comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.7, p.95-102, 1983.
- OLIVEIRA, E.L. & PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. *Soil Till. Res.*, 38:47- 57, 1996.
- OLIVEIRA, E.L.; PARRA, M.S. & COSTA, A. Resposta da cultura do milho, em um Latossolo Vermelho-Escuro álico, à calagem. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:65-70, 1997
- PARRA, M.S. Dinâmica da matéria orgânica e de nutrientes num Latossolo Roxo distrófico submetido aos sistemas de plantio direto e convencional em diferentes sucessões de culturas. Viçosa, 1984. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Viçosa-UFV.
- REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERRETA, C.A.; SILVA, L.S. da; REICHERT, J.M. (Ed.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v.5. p.49-134
- REYNOLDS, W. D.; BOWMAN, B. T.; DRURY, C. F.; TAN, C. S.; LU, X. Indicators of good soil physical quality: Density and storage parameters, **Geoderma**, v,110, p,131-146, 2002,
- SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura\_pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1349-1356, 2011.
- SANDERSON, M. A. et al. Diversification and ecosystem services for conservation agriculture: Outcomes from pastures and integrated crop–livestock systems.

**Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 28, n. 2, p. 129–144, 2013.

- SILVA, E.A. BENEVENUTE, P. A. N.; MELO, L. B. B. Qualidade física de um Latossolo estimada por estudos das curvas de retenção de água, indicadores de fácil determinação e “Índice S”. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**. João Pessoa, v.11, n.4, p.49-54, 2017.
- SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal Symbiosis**. 3rd edition, London: Academic Press, 2008.
- SOUSA, D.M.G; LOBATO, E. **CERRADO: Correção do solo e adubação**, 2ª Edição. Embrapa. 2004. 416p.
- TARJUELO, J. M.; DE-JUAN, J. A; MORENO, M. A; ORTEGA, J. F. Review. Water resources deficit and water engineering. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 8, p. S102–S121, 2010.
- TEIXEIRA, A. H. DE C. Determining Regional Actual Evapotranspiration of Irrigated Crops and Natural Vegetation in the São Francisco River Basin (Brazil) Using Remote Sensing and Penman-Monteith Equation. **Remote Sensing, Basel**, v. 2, n. 5, p. 1287–1319, 6 maio 2010.
- TEIXEIRA, A. H. DE C.; HERNANDEZ, F. B. T.; LOPES, H. L.; SCHERER-WARREN, M.; BASSOI, L. H. **Modelagem espaçotemporal dos componentes dos balanços de energia e de água no Semiárido brasileiro**. 1ra. ed. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. v. 1, 32p.
- TEIXEIRA, A. H. DE C.; LEIVAS, J. F.; ANDRADE, R. G.; HERNANDEZ, F. B. T.; MOMESSO, F. R. A. **Modelling radiation and energy balances with Landsat 8 images under different thermohydrological conditions in the Brazilian semi-arid region** (C. M. U. Neale & A. Maltese, Eds.)Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XVII. **Anais...Proc. of SPIE**, 14 out. 2015Disponível em: <<http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?doi=10.1117/12.2195044>>. Acesso em: 5 mar. 2016
- TEIXEIRA, A. H. DE C.; PADOVANI, C. R.; ANDRADE, R. G.; LEIVAS, J. F.; VICTORIA, D. DE C.; GALDINO, S. Use of MODIS images to quantify the radiation and energy balances in the Brazilian Pantanal. **Remote Sensing, Basel**, v. 7, n. 11, p. 14597–14619, 2015.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; TEIXEIRA, A. F. W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3, ed. Brasília: Embrapa, 2017, 573 p,
- VILAR, C.C.; COSTA, A.C.S.; HOEPERS, A.& SOUZA JUNIOR, I.G. Capacidade máxima de adsorção de fósforo relacionada a formas de ferro e alumínio em solos subtropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 34:1059-1068, 2010.
- VILELA, L.; MACEDO, M. C. M.; MARTHA JUNIOR, G. B.; KLUTHCOUSKI, J. Benefícios da integração lavoura\_pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura\_pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.143-170.