

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS MORRINHOS
BACHAREL EM AGRONOMIA**

**QUALIDADE QUÍMICA DO SOLO SOB SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA,
PECUÁRIA E FLORESTA E OUTROS DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA
TERRA NO BIOMA CERRADO**

**MORRINHOS - GO
2023**

VITOR CARDILI

**QUALIDADE QUÍMICA DO SOLO SOB SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA,
PECUÁRIA E FLORESTA E OUTROS DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA
TERRA NO BIOMA CERRADO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos, afim do requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em agronomia.

Orientador: Dr. Emerson Trogello.

**MORRINHOS - GO
2023**

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

CC267q Cardili, Vitor
QUALIDADE QUÍMICA DO SOLO SOB SISTEMAS DE
INTEGRAÇÃO LAVOURA, PECUÁRIA E FLORESTA E OUTROS
DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA TERRA NO BIOMA CERRADO
/ Vitor Cardili; orientador Emerson Trogello. --
Morrinhos, 2023.
20 p.

TCC (Graduação em Agronomia) -- Instituto Federal
Goiano, Campus Morrinhos, 2023.

1. Sistemas integrados de produção agropecuária.
2. Indicadores de qualidade. 3. Sustentabilidade. I.
Trogello, Emerson , orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

/ /

Documento assinado digitalmente
 **VITOR CARDILI**
Data: 12/02/2024 00:32:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Documento assinado digitalmente
 **EMERSON TROGELLO**
Data: 15/02/2024 09:08:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 93/2023 - CCEG-MO/CEG-MO/DE-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 13 dias do do mês de Dezembro de 2023, às 08:30 horas, reuniu-se a banca examinadora composta por: Emerson Trogello (orientador), Elliezer de Almeida Melo (membro) e Lucas Luis Faustino (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “Qualidade química do solo sob sistemas de integração lavoura, pecuária e floresta e outros diferentes sistemas de uso da terra no bioma cerrado” da discente Vitor Cardili, Matrícula nº 2018104220210198 do Curso de Bacharelado em Agronomia do IF Goiano – Campus Morrinhos. A palavra foi concedida à estudante para a apresentação oral do TC. Em seguida houve arguição do discente pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante com NOTA 9. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Emerson Trogello

Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Elliezer de Almeida Melo

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Lucas Luis Faustino

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- Eliezer de Almeida Melo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/12/2023 14:39:44.
- Emerson Trogello, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/12/2023 12:18:10.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 13/12/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 557425

Código de Autenticação: 7f71200cfe



Documento assinado digitalmente

LUCAS LUIS FAUSTINO

Data: 14/12/2023 10:36:36-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Morrinhos

Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, SN, Zona Rural, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000

(64) 3413-7900

VITOR CARDILI

**QUALIDADE QUÍMICA DO SOLO SOB SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA,
PECUÁRIA E FLORESTA E OUTROS DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA
TERRA NO BIOMA CERRADO**

Trabalho de curso apresentado ao curso Superior de graduação em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos, para obtenção do título de Agrônomo.

Morrinhos-GO, 13 de dezembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Emerson Trogello

Instituto Federal Goiano – Campos Morrinhos

Orientador

Elliezer Melo

Instituto Federal Goiano – Campos Morrinhos

Membro interno

Lucas Luís Faustino

Analista Socioambiental Descarbonização - Amaggi

Membro externo

AGRADECIMENTOS

“Agradeço a Deus por me conceder a vida, as oportunidades, a liberdade e as bênçãos. Agradeço aos meus pais e avós Gilberto T. Cardili, Leticia Calvo, Valdemar Cardili e Maria Aparecida dos Santos, pessoas extraordinárias que sempre me espelhei, por todo apoio, amor e o esforço investido na minha educação. Agradeço à minha companheira Ana Karolina, por todo o incentivo e pelo amor incondicional durante toda graduação; a grandes amigos que passaram momentos ímpares ao meu lado Gustavo Henrique Couto, Flávio Henrique S. Tosta, Rafaella Alves e Thaynara Mendonça. Agradeço com profunda admiração ao meu orientador professor Emerson Trogello, por aceitar-me participar deste trabalho de pesquisa, pelos ensinamentos e pela amizade; aos membros da banca professores Elliezer Melo e Lucas L. Faustino, por todo auxílio e orientação. Agradeço, por fim, a todos professores, colegas e colaboradores que me apoiaram durante toda a minha trajetória acadêmica.”

“Sabemos que Deus age em todas as coisas para o bem daqueles que o amam, dos que foram chamados de acordo com o seu propósito.”

- Romanos 8:28.

RESUMO

Os sistemas de integração lavoura pecuária e floresta (ILPF) possibilitam a utilização do solo para produção de alimentos sustentáveis e contribuem para o melhor uso do solo, racionalização no uso de insumos e na melhoria dos atributos químicos, físicos e biológicos. O objetivo deste estudo foi avaliar as características químicas em um Latossolo Vermelho Distrófico sob sistema de ILPF e comparar com diferentes áreas adjacentes na região sul de Goiás. Em janeiro de 2018 foi implantado o sistema ILPF sendo o componente florestal o eucalipto clone AEC 2034 (*Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis*) x *Eucalyptus urophylla* no arranjo de 10 metros de espaçamento entre renques e 4 metros de espaçamento entre plantas. A área experimental foi composta por cinco diferentes sistemas, (pastagem, monocultivo de milho e eucalipto, ILPF e área de mata nativa). A fertilidade do solo foi avaliada, sendo que no ILPF foram coletadas amostras em três distâncias do renque de árvores e em duas profundidades (0-0,10 e 0,10-0,20 m) e nas demais áreas foram realizadas coletas aleatórias. O arranjo experimental foi em delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos e quatro repetições em esquema de parcela subdivididas. Os sistemas integrados melhoraram os atributos químicos do solo, principalmente na ciclagem de nutrientes como o fósforo e na melhora da matéria orgânica, demonstrando uma alternativa sustentável.

Palavras-chave: Sistemas integrados de produção agropecuária; indicadores de qualidade; sustentabilidade. [08]

ABSTRACT

Integrated crop-livestock-forestry (ICLF) systems enable the use of soil for sustainable food production and contribute to better land use, rationalization in the use of inputs and improvement of chemical, physical and biological attributes. The objective of this study was to evaluate the chemical characteristics of an Oxisol under ICLF system and to compare it with different adjacent areas in the southern region of Goiás. In January 2018, the ICLF system was implemented, with the forest component being the clone eucalyptus AEC 2034 (*Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis*) x *Eucalyptus urophylla* in the arrangement of 10 meters of spacing between rows and 4 meters of spacing between plants. The experimental area was composed of four different systems (pasture, monoculture of corn, eucalyptus and native forest area). Soil fertility was evaluated, and in the ICLF samples were collected at three distances from the tree row and at two depths (0-0.10 and 0.10-0.20 m) and in the other areas random samples were collected. The experimental arrangement was in a completely randomized design with seven treatments and four replications in a split-plot scheme. The integrated systems improved the chemical attributes of the soil, demonstrating a sustainable alternative.

KEYWORDS: Integrated agricultural production systems; quality indicators; sustainability.

INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	2
MATERIAL E METODOS	4
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	6
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	10
REFERÊNCIAS.....	10

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o sistema Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF) vem mostrando uma alternativa na agricultura onde se mostra maior rentabilidade por área, maior diversificação das atividades, menor risco econômico e menor custo de produção (BALBINOT JR. et al., 2009). Também, preocupando com o aumento da concentração de Gases do Efeito Estufa (GEE), dentre eles o metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e o gás carbônico (CO₂), comprovadamente os principais responsáveis pelo aquecimento global, apresentando assim o sistema ILPF como uma alternativa sustentável para mitigar emissões de GEE retendo o carbono na biomassa do solo (BALBINO L. C. et al., 2011). A ILPF pode ser um sistema que contribui para a recuperação de áreas degradadas, manutenção e reconstituição da cobertura florestal, fixação de carbono, reciclagem de nutrientes e biorremediação do solo (BALBINO L. C. et al., 2011), uma vez que a presença de espécies arbóreas e de maior biodiversidade contribui significativamente para redução da perda de nutrientes, aumento do estoque de matéria orgânica do solo promovendo a sustentabilidade dos sistemas produtivos (LEITE, L.F.C. et al., 2013 apud CARVALHO et al., 2010).

O solo é um grande reservatório químico e biológico, segundo VEZZANI F. M. et al., (2009), alguns autores acreditam que a produtividade e a expressão final da qualidade de um solo onde, a alta produtividade das culturas ocorre quando atributos biológicos, químicos e físicos estão em boas condições. Em solos de cultivo seguido tende a diminuir a fertilidade sendo limitantes para produção de alimentos (RONQUIM, C.C, 2010). Para uma melhor avaliação do solo e recomendado o uso de indicadores de qualidade sensíveis ao manejo (DORAN, J.W, et al. 2000), podendo ser dentre eles: pH, disponibilidade de nutrientes, porosidade, densidade, umidade do solo, matéria orgânica, biomassa microbiana, agregação, profundidade, textura e mineralogia (ISLAM, K.R.; et al. 2000).

Os sistemas de Integração Lavoura, Pecuária e Floresta (ILPF), ou sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA), são conhecidos como a combinação de diferentes sistemas integrados que geralmente adotam princípios de conservação do solo, assemelhando aos ecossistemas naturais melhorando os efeitos sinérgicos solo-planta-animal (Groppo et al., 2015; Oliveira et al., 2018). Estes sistemas apresentam como vantagens o melhor aproveitamento do

solo, maior produção e rentabilidade por área, diversidade de componentes, auxílio na dinâmica dos nutrientes e acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo (Balbino et al., 2011; Pissinati et al., 2018; Bieluczyk et al., 2020). São excelentes opções de uso do solo, contribuindo para o melhor uso do solo e na melhoria dos indicadores de qualidade químicos, físicos e biológicos (Oliveira et al., 2016).

A qualidade do solo pode ser conceituada como a capacidade do solo de exercer suas atividades dentro dos limites dos ecossistemas naturais ou agrícolas, para sustentar ou manter a produtividade vegetal e animal, mantendo ou aumentando a sua qualidade (Cavalcante et al., 2021). Os indicadores podem ser classificados em físicos, químicos e biológicos, e a interação entre esses atributos é um estado funcional complexo (Jin et al., 2009), sendo necessário definir as funções do solo relacionadas a cada atributos, identificando e analisando quanto a sua sensibilidade às mudanças e perturbações no ambiente (Barbosa et al., 2019).

Os indicadores de qualidade do solo referem-se a atributos mensuráveis que influenciam na capacidade do solo de realizar a produção agrícola, sendo os mais sensíveis as ações impostas pelo uso e manejo do solo (Nascimento et al., 2019; Laurentiis et al., 2019).

Dessa forma o presente estudo teve por objetivo avaliar as características químicas em um Latossolo Vermelho Distrófico sob sistema de ILPF comparando com diferentes sistemas de uso do solo. A hipótese avaliada foi que os sistemas de ILPF contribuem para uma melhor qualidade química do solo e sua conservação.

REVISÃO DE LITERATURA

O estudo da composição química do solo é importante para verificar a disponibilidade de nutrientes, a presença de elementos tóxicos, determinar o potencial osmótico ao longo do ciclo de uma cultura seja ela anual ou perene, em experimentos de curta e/ou de longa duração (Silva et al., 2000).

Para um crescimento ideal as raízes das plantas requerem um adequado suprimento de nutrientes, um pH favorável, baixa salinidade e ausência de concentração excessiva de elementos tóxicos (Bell, 1998). O pH do solo influencia, de modo significativo, a disponibilidade de nutrientes, as propriedades físicas, a microfauna e microflora (Vieira et al., 1988).

Entre as causas da degradação química do solo, que resulta na queda de sua fertilidade, Bonini et al. (2015) destacam a redução dos teores e da qualidade da matéria orgânica. Assim, a determinação da quantidade de carbono orgânico é importante, pois a falta da matéria orgânica caracteriza um solo degradado (Dias, 1998).

Para áreas degradadas, a adição de material orgânico no processo de recuperação do solo pode promover uma melhoria na sua estrutura, alterando favoravelmente a proporção de agregados estáveis em água (Campos et al., 2011). No entanto, tal estratégia nem sempre é viável, principalmente do ponto de vista econômico, sendo recomendada, para estes casos, a recuperação natural do solo a partir da revegetação. Sistemas florestais aumentam o teor de matéria orgânica e a reciclagem de nutrientes (Young, 1989; Franco e Faria, 1997; Gama-Rodrigues et al., 1999; Gama-Rodrigues et al., 2008; Macedo et al., 2008).

Meurer (2007) ressalta que a matéria orgânica tem acentuado efeito sobre a fertilidade do solo. De forma direta, sua mineralização pelos microrganismos disponibiliza para as plantas principalmente os macronutrientes N, P e S. Indiretamente, a desprotonação de sua superfície em função do pH gera cargas negativas que permitem a adsorção dos macronutrientes catiônicos (Ca, Mg e K) e sua posterior disponibilização na solução do solo.

Estudo clássico de Raij (1969) revelou que, em solos tropicais (Latosolos e Argissolo), a maior parte das cargas advém da matéria orgânica, responsável por 60 a 90% da capacidade de troca de cátions (CTC).

A capacidade de troca de cátions (CTC) indica a quantidade de íons positivos que um solo é capaz de reter, em determinadas condições, e permutar por quantidades estequiometricamente equivalentes de outros íons do mesmo sinal (Raij, 1969). A referida troca se dá entre os cátions retidos e os presentes na solução do solo.

As cargas negativas determinantes da CTC podem ter origem no interior da estrutura dos minerais - por substituição isomórfica, significativa em solos menos intemperizados, de clima temperado - ou na superfície das partículas minerais e orgânicas - que tem amplo predomínio em solos mais intemperizados, de clima tropical (Novais e Mello, 1997).

Quanto às cargas de superfície, seu quantitativo é estreitamente relacionado ao pH do solo, sendo então chamadas de cargas variáveis ou cargas dependentes do pH. Sua origem são as hidroxilas (OH) presentes nas arestas das argilas silicatadas e em grupamentos carboxílicos

e fenólicos da matéria orgânica do solo (Novais e Mello, 1997). Enquanto em pH baixo a maior parte dessas terminações OH permanece inalterada e não gera cargas, o aumento do pH promove sua desprotonação (Canellas et al., 2008), sendo o H⁺ deslocado para a solução (e neutralizado por íons OH⁻, formando H₂O) e a carga negativa gerada na superfície equilibrada por um cátion trocável proveniente da solução do solo.

A quantificação das cargas negativas no complexo de troca, feita a partir da soma dos cátions trocáveis presentes do solo ao pH natural, resulta na CTC efetiva ($CTC_{\text{efet}} = Al^{3+} + Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$). Por outro lado, a $CTC_{pH=7}$ resulta da soma das cargas negativas ocupadas por cátions trocáveis e aquelas geradas a partir da desprotonação das partículas em equilíbrio com uma solução tamponada a um pH específico (geralmente igual a 7).

Os principais fatores que afetam a disponibilidade dos nutrientes no solo são o pH e o teor de matéria orgânica. Os macronutrientes demonstram maior disponibilidade para as plantas em pH na faixa de 6-6,5. Nos solos brasileiros o P é elemento que mais limita o crescimento das plantas, sendo muito pouco disponível em condições de acidez, na qual os óxidos, presentes em elevados teores, têm sua superfície positivamente carregada, atraindo ânions e formando com estes uma “esfera-interna”, o que diminui sensivelmente a disponibilidade de P para as plantas. Para os micronutrientes, por outro lado, exceção feita ao Mo, estes se tornam mais disponíveis em condições de pH mais ácido (Meurer, 2007).

MATERIAL E METODOS

A área de estudo está localizada no município de Morrinhos, região sul do estado de Goiás, Brasil, na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE) em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) do IF Goiano - Campus Morrinhos (17°49' S e 49°12'W) (Figura 1). Segundo o sistema de classificação de Köppen-Geiger o clima da região corresponde ao tipo Aw, tropical com inverno seco, com temperatura média de 20 °C e precipitação média anual de 1.346 mm, (Cardoso et al., 2014). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (Teixeira et al., 2017). Em janeiro de 2018 foi implantado o sistema ILPF em uma área de 9,6 hectares. O componente florestal foi o eucalipto clone AEC 2034 (*Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis*) x *Eucalyptus urophylla* transplantado no arranjo de 10 metros de espaçamento entre renques e 4 metros de espaçamento entre plantas. O componente

lavoura iniciou-se com o milho semeado em consórcio com o capim-zuri (*Megathyrus maximum* (Syn. *Panicum maximum*) cv. BRS Zuri). Em fevereiro de 2019, foi semeado girassol em consórcio com o capim-piatã (*Urochloa brizantha* (Syn. *Brachiaria brizantha*) cv. BRS Piatã). A partir da ensilagem do componente girassol, em junho de 2019, permaneceu na área a integração do capim-piatã com o eucalipto (sistema silvipastoril).

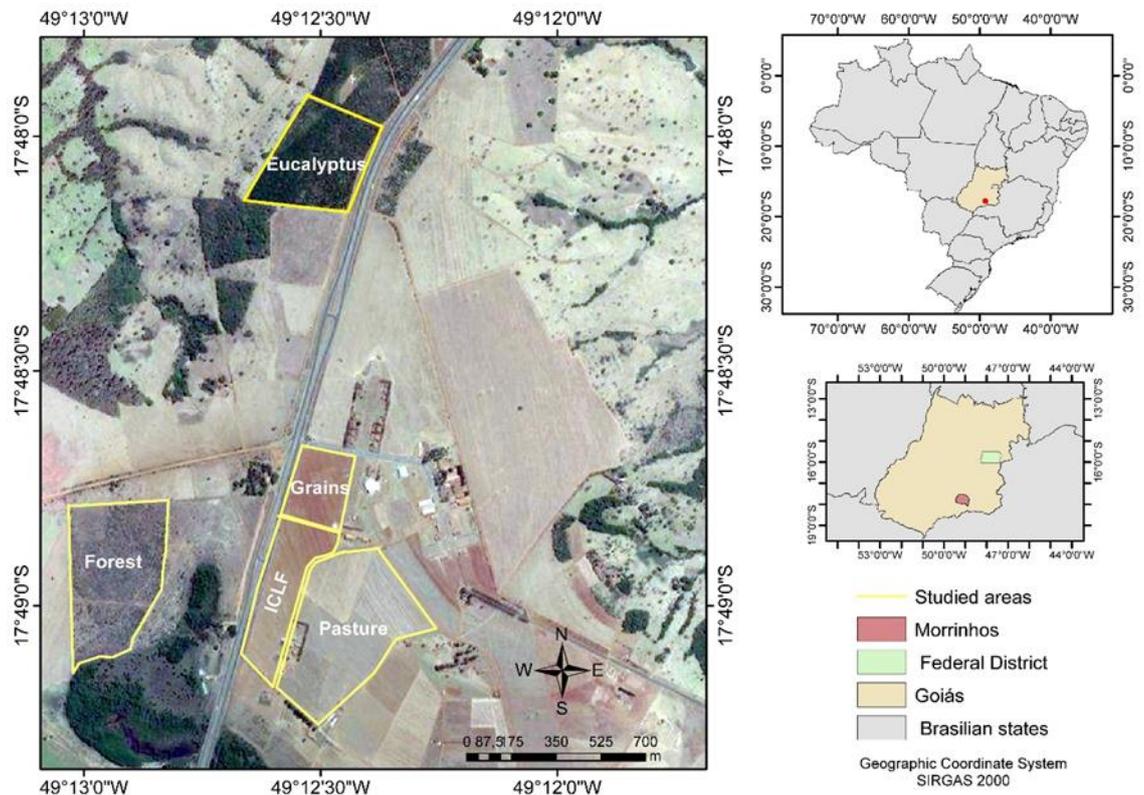


Figura 1. Área de ILPF, pastagem, monocultivo de grãos e mata nativa no IF Goiano campus Morrinhos.

A área experimental foi composta pelos tratamentos: I) ILPF avaliado na linha de plantio das árvores; II) Avaliação ILPF a 2,5 metros da linha de árvores; III) Avaliação ILPF a 5,0 metros da linha de árvores. Para fins de comparações foram utilizados cultivos que se localizam adjacentes ao ILPF: IV) pastagem pura de *U. brizantha* onde não houve nenhum tipo de manejo e considerada como área degradada; V) lavoura de milho em monocultivo; VI) Eucalipto em monocultivo com espaçamento de 3 metros entre linhas x 3 metros entre plantas e VII) mata

nativa. Os solos das áreas avaliadas foram classificados de textura argila conforme o Manual de Métodos de Análises de Solo (Teixeira et al., 2017).

A amostragem do solo foi realizada logo após o início do período chuvoso em dezembro de 2019. As áreas foram amostradas abrindo mini trincheiras e coletando amostras de solo nas profundidades de 0 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m. Em todas as sete áreas estudadas foram feitas quatro mini trincheiras consideradas como repetições e estavam distantes umas das outras em pelo menos 30 metros visando garantir a aleatoriedade.

A análise estatística foi realizada assumindo um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com sete tratamentos e quatro repetições em esquema de parcelas subdivididas, sendo as áreas analisadas as parcelas e as duas camadas de amostragem de solo em subparcelas (Faustino et al., 2020). O software Assistat Versão 7.7 foi utilizado para realizar as análises, incluindo o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e Lilliefors (em que se encontrou homocedasticidade e distribuição normal dos resíduos), a variância experimental. A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas estudados afetaram significativamente os valores das variáveis pH, Ca, Mg, Al, P e K dentro de cada profundidade estudada (Tabela 1). Houve interação entre os sistemas analisados e profundidades, com exceção da variável H+Al (acidez potencial).

Tabela 1. Atributos químicos do solo sob diferentes áreas, nas camadas 0-010m e 0,10-0,20m, em Morrinhos – GO.

Área	pH	Ca	Mg	Al	H + Al*	P	K
	(H ₂ O)	----- (mmol/dm ³) -----			---- (mg/dm ³) ----		
0-0,10m							
I*	6,17aA	30,72aA	11,85abA	0,00bA	14,75aA	16,42abA	177,25aA
II	6,07aA	34,47aA	18,60aA	0,00bA	16,00aA	23,77aA	203,25aA
III	5,97aA	34,75aA	17,50aA	0,00bA	17,75aA	15,62bA	178,25aA
IV	6,05aA	32,20aA	8,95bA	0,00bA	17,00aA	12,80bA	141,50abA
V	6,02aA	27,50aA	19,30aA	0,00bA	14,25aA	2,80cA	52,75bA
VI	5,65aA	35,80aA	17,10aA	0,50bB	21,00aA	2,20cA	41,75bA
VII	4,37bB	0,25bB	0,82cA	6,00aA	34,25aA	0,80cA	42,00bA
MÉDIA	5,76a	27,95a	13,44a	0,92a	19,28a	10,63a	119,53a

Área	0,10-20m						
I	6,22aA	19,17abB	6,82abB	0,00cA	13,25aA	2,80aB	109,50aB
II	5,82aB	16,67abB	6,32abB	0,25cA	16,00aA	3,77aB	61,00aB
III	6,00aA	20,30abB	8,30abB	0,00cA	16,00aA	2,97aB	58,50aB
IV	5,95aA	27,87aA	8,50aA	0,00cA	17,00aA	5,47aB	37,50aB
V	6,07aA	17,40abB	6,77abB	0,00cA	13,75aA	1,40aA	27,00aA
VI	5,25bB	7,55bcB	4,30abB	2,25bA	19,50aA	1,12aA	17,75aA
VII	4,85bA	0,02cC	0,60bC	3,75aB	32,25aA	0,57aA	28,75aA
MÉDIA	5,73a	15,57b	5,94b	0,89a	18,25a	2,58b	48,57b
CV-a (%)	5,48	28,65	38,72	59,30	31,70	52,89	67,89
CV-b (%)	2,90	25,97	33,96	25,41	4,17	52,50	38,96

Para cada coluna, médias seguidas de mesma letra maiúscula (que compara camadas) ou de mesma letra minúscula (que compara coberturas vegetais), não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). * I) ILPF avaliado na linha de plantio; II) ILPF a 2,5 metros da linha de árvores; III) ILPF a 5,0 metros da linha de árvores, IV) pastagem degradada de *U. brizantha*; V) milho em monocultivo; VI) Eucalipto em monocultivo e VII) mata nativa. Obs. 2: CV-a e CV-b são, respectivamente, os coeficientes de variação obtidos na análise de variância para parcela e subparcela. * médias que não foram significativas pelo teste F.

Não foi observada variação no atributo pH conforme a distância e profundidade em relação a linha das árvores nos tratamentos com ILPF e para as áreas de monocultivos e pastagem degradada. Entretanto, para a área de mata nativa na profundidade de 0 – 0,10 m foi observada essa diferença em relação as áreas de ILPF de pH do solo mais ácido, pH 4,37 (Tabela 1). Na profundidade de 0,10 - 0,20m as maiores diferenças foram encontradas no ILPF a 2,5m de distância do renque, e no monocultivo de eucalipto (pH 5,82 e 5,25 respectivamente). Entre as profundidades o pH na área da mata nativa apresentou os menores valores pH (4,37 e 4,85), característicos de áreas onde não ocorrem correções de solos e da região de solos mais intemperizados (Stieven et al., 2018). Resultados semelhantes de pH deste estudo foram observados em estudos avaliando sistemas integrados na Amazônia e Latossolos do Cerrado com diferentes culturas de coberturas de solo (Santos et al., 2012, Stieven et al., 2018).

Para a variável cálcio (Ca) no ILPF não houve diferença entre as distâncias de amostragem do solo ao longo dos renques das árvores (Tabela 1). Para as profundidades foram encontrados os melhores valores de cálcio na camada de 0 - 0,10m (35,80, 34,75, 34,47

mmol/dm³, mono cultivo de eucalipto, ILPF 5,0m da linha e ILPF 2,5m linha de plantio), e na profundidade de 0,10 - 0,2m a área de monocultivo de milho obteve-se o maior valor para essa variável (Ca 27,87 mmol/dm³) devido ao solo está sempre passando por correções e adubações. Esses resultados corroboram com Costa et al. (2015) e Bonini et al. (2016), demonstrando que as alterações químicas do solo em sistemas integrados resultam do maior aporte de nutrientes devido ao acúmulo de resíduos vegetais, principalmente quando ocorre a desrama do eucalipto gerando maior deposição de matéria orgânica no solo, pois o Ca está presente em grande quantidade nas folhas, lenho e caule da planta (Stieven et al., 2018). No entanto, na área de mata nativa, usada como referência, foram observados os menores valores de Ca (0,25 e 0,02 mmol/dm³), devido ser uma área sem interferência antrópica.

Para a variável magnésio (Mg) na profundidade de 0 - 0,10 m, houve diferença significativa somente na área de mata nativa (0,82 mmol/dm³) por ser uma área que não sofre nem tipo de alterações antrópicas (Tabela 1). No entanto, para a profundidade de 0,10 - 0,20 m observou diferença entre os tratamentos sendo observado os maiores valores de Mg na área de pastagem degradada (8,50 mmol/dm³) e os menores valores foram encontrados na área de mata nativa (0,60 mmol/dm³). Em relação as profundidades os maiores valores foram encontrados na camada superficial de 0 - 0,10 m, devido à grande mobilização de insumos e materiais vegetais que passam por algum tipo de decomposição e ciclagem. Observa-se que, de modo geral, os atributos químicos variaram significativamente com as profundidades de amostragem mostrando condições mais favoráveis às plantas na camada superficial e redução desta condição à medida que se aprofundou no perfil. Santos et al. (2021), avaliando a qualidade do solo sob diferentes sistemas de cultivos e preparo do solo, observaram que à medida que se aprofunda a amostragem ao longo do perfil do solo a fertilidade do solo tende a reduzir das condições ideais, o que corrobora com os resultados encontrados nesta pesquisa.

Para a variável alumínio (Al) o maior valor encontrado foi na área de mata nativa em ambas as profundidades (6,00 e 3,75 mmol/dm³) (Tabela 1). Por ser uma área que não passa por nem um tipo de correção e ação antrópica e um solo ácido com altos teores deste elemento. Na camada superficial o teor de Al encontra-se elevado e à medida que se aprofundou a amostragem ao longo do perfil do solo sua concentração reduziu. Já as demais áreas não houve diferenças significativa entre os resultados com exceção do monocultivo de eucalipto na

profundidade de 0,10 - 0,20m que também teve uma maior concentração de alumínio ($\text{Al } 2,25 \text{ mmol}/\text{dm}^3$) em relação aos demais tratamentos. Esses baixos teores de alumínio, nos sistemas integrados e áreas cultivadas, sugerem que a presença e ação da matéria orgânica na complexação do Al principalmente por meio dos grupos carboxila e hidroxila, em que os ácidos orgânicos são estabilizados por esse íon, reduzindo-os (Alleoni & Melo, 2009).

Para a variável fósforo (P) na profundidade de 0 - 0,10 m os maiores valores encontrados foram no ILPF e nas distâncias avaliadas P (16,42, 23,77 e 15,62 mg/dm^3 respectivamente) e área de pastagem P 12,80 mg/dm^3 (Tabela 1). Apesar desse nutriente apresentar baixo índice de ciclagem e baixo teor na serrapilheira, apresentou acúmulo no sistema integrado, ao contrário do que ocorreu nas demais áreas, em que a dinâmica é diferente (Santana et al., 2002; Stieven et al., 2018). Os menores valores encontrados foram nas áreas de monocultivos de milho e eucalipto e da mata nativa (2,80, 2,20 e 0,80 mg/dm^3 respectivamente). Esses valores nas áreas de monocultivos deve-se a exportação dos nutrientes pelas árvores de eucalipto e seu baixo teor na serrapilheira e pela grande demanda do milho pelo fósforo (Stieven et al., 2018). Já para a área de mata nativa esse baixo valor pode ser pela demanda das árvores, baixo teor na serrapilheira e a baixa disponibilidade do nutriente no solo (Santana et al., 2002). Entre as profundidades observa-se que os maiores valores foram encontrados na camada superficial do sistema ILPF e nas linhas das árvores a 2,5 e a 5m em relação ao renque das árvores, ao sistema integrado na camada de 0,10 - 0,20m, linha das árvores, a 2,5 e a 5m (16,42, 23,77, 15,62 mg/dm^3). Entretanto, para a profundidade de 0,10 - 0,20m os menores valores foram encontrados nas áreas de monocultivos, e de mata nativa, sendo em que à medida que se aprofunda a amostragem de solo há tendência em diminuir o aporte de nutrientes aos sistemas, resultados estes que corroboram com estudos realizados por Bonini et al., (2016).

Em relação, ao Potássio (K) os maiores valores observados foram na área de sistema ILPF e nas linhas das árvores, a 2,5 e a 5m em relação ao renque das árvores na profundidade de 0 - 0,10m (177,25, 203,25, 178,25 mg/dm^3) e de 0,10 - 0,20m, linha das árvores, a 2,5 e a 5m (109,50, 61,00, 58,50 mg/dm^3) (Tabela 1). Esses valores podem ser observados devido ao componente forrageiro que pode ter contribuído para o aumento desse nutriente no solo, favorecendo assim a ciclagem desse nutriente (Assmann et al., 2017; Alves et al., 2019). Essa condição pode ser justificada pela absorção das gramíneas nestas áreas, pois elas absorvem

melhor K em relação a outros vegetais (Costa et al., 2015). Entretanto os menores valores encontrados nas profundidades de 0 - 0,10m (52,75, 41,75 mg/dm³), 0,10 - 0,20 m (27,00, 17,75 mg/dm³ respectivamente) foram nos sistemas de monocultivos de milho e eucalipto e mata nativa na profundidade de 0 - 0,10m (42,00 mg/dm³) e de 0,10 - 0,20m 28,75 mg/dm³). Um fator importante nesta dinâmica seria a alta demanda das plantas por esse nutriente e a falta de cobertura do solo com gramíneas nestas áreas, que absorvem melhor este nutriente (Costa et al., 2015; Stieven et al., 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de ILPF contribuiu para o maior aporte nutricional no solo, que por meio dos componentes forrageiro e florestal, resultou em maiores teores de nutrientes em comparação aos demais sistemas produtivos avaliados.

Até o momento da devida análise, o potássio foi um dos principais nutrientes observado com realce no sistema ILPF, isso se deve em grande parte pelo aporte do componente forrageiro que tem uma melhor absorção e reciclagem de potássio.

Assim, para os próximos anos espera-se que os níveis nutricionais venham melhorando, como foi possível notar uma melhora significativa desde então, os sistemas integrados tendem a demonstrar que são ótimas opções para recuperar solos degradados e melhorar os indicadores de qualidade do solo.

REFERÊNCIAS

- Alves, L.A., Denardin, L.G. de O., Martins, A.P., Anghinoni, I., Carvalho, P.C. de F., Tiecher, T., 2019. Soil acidification and P, K, Ca and Mg budget as affected by sheep grazing and crop rotation in a long-term integrated crop-livestock system in southern Brazil. *Geoderma* 351, 197–208.
- Andrade, R., Silva, S. H. G., Faria, W. M., Poggere, G. C., Barbosa, J. Z., Guilherme, L. R. G., & Curi, N. (2020). Proximal sensing applied to soil texture prediction and mapping in Brazil. *Geoderma regional*, e00321.doi:10.1016/j.geodrs. 2020.e00321.
- Assmann, J.M., Martins, A.P., Anghinoni, I., de Oliveira Denardin, L.G., de Holanda Nichel, G., de Andrade Costa, S.E.V.G., Pereira e Silva, R.A., Balerini, F., de Faccio Carvalho, P.C.,

- Franzluebbers, A.J., 2017. Phosphorus and potassium cycling in a long-term no-till integrated soybean-beef cattle production system under different grazing intensities insubtropics. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 108, 21–33.
- Balbino, L.C., Cordeiro, L.A.M., Porfírio-da-Silva, V., Moraes, A., Martínez, G.B., Alvarenga, R.C., Kichel, A.N., Fontaneli, R.S., Santos, H.P., Franchini, J.C., Galerani, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, 46:1-12, 2011.
- Barbosa, M.A., Ferraz, R. L. S., Coutinho, E. L. M., Neto, A. M. C., Silva, M. S., Fernandes, C., Rigobelo, E. C. Multivariate analysis and modeling of soil quality indicators in long-term management systems. *Sci. Total Environ.*, 657 (2019), pp. 457-465.
- BÍBLIA. Português. Bíblia sagrada. Tradução de Padre Antônio Pereira de Figueredo. Rio de Janeiro: Encyclopaedia Britannica, 1980. Edição Ecumênica.
- Bieluczyk, W., Piccolo, M. de C., Pereira, M. G., Moraes, M. T. de, Soltangheisi, A., Bernardi, A. C. de C., Cherubin, M. R. (2020). Integrated farming systems influence soil organic matter dynamics in southeastern Brazil. *Geoderma*, 371, 114368.
- Bonini, C. S. B., Lupatini, G. C., Andrighetto, G. P. M., Heinrichs, R., Aranha, A. S., de Santana, A. R., Meirelles, G. C. Produção de forragem e atributos químicos e físicos do solo em sistemas integrados de produção agropecuária. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.51, n.9, p.1695-1698, 2016.
- Cardoso, M. R. D; Marcuzzo, F. F. N.; Barros, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger 339 para o estado de Goiás e o Distrito Federal. *ACTA Geográfica*, Boa Vista, v.8, n.16, p.40-55, 2014.
- Cavalcante, D. M., Silva, A. P. F., Almeida, B. G., Freire, F. J., Silva, T. H. S., Cavalcante, F. M. S. (2021). Physical soil quality indicators for environmental assessment and agricultural potential of Oxisols under different land uses in the Araripe Plateau, Brazil. *Soil and Tillage Research*. 104951.
- Costa, N.R.; Andreotti, M.; Lopes, K.S.M.; Yokobatake, K.L.; Ferreira, J.P.; Pariz, C.M.; Bonini, C. dos S.B.; LONGHINI, V.Z. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.39, p.852-863, 2015.

Groppo, J.D., Lins, S.R.M., Camargo, P.B., Assad, E.D., Pinto, H.S., Martins, S.C., Salgado, P.R., Evangelista, B., Vasconcellos, E., Sano, E.E., Pavão, E., Luna, R., Martinelli, L.A., 2015. Changes in soil carbon, nitrogen, and phosphorus due to land-use changes in Brazil. *Biogeosciences* 12, 4765–4780.

K. Jin, S. Sleutel, D. Buchan, S. De Neve, D.X. Cai, D. Gabriels, J.Y. Jin Changes of soil enzyme activities under different tillage practices in the Chinese Loess Plateau *Soil Till. Res.*, 104 (2009), pp. 115-129.

L.L. Faustino, C.R. Marciano and M.C. Alves, Morphometry and size distribution of aggregates from a Typic Hapludult soil under natural secondary forest, implanted leguminous trees and degraded pasture in the Atlantic coast of Brazil, *Geoderma Regional* (2020), <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2020.e00350>.

Laurentiis, V.D., Secchi, M., Bos, U., Horn, R., Laurent, A., Sala, S. Soil quality index: exploring options for a comprehensive assessment of land use impacts in LCA *J. Clean. Produc.*, 215 (2019), pp. 63-74

N. Kämpf, J.J. Marques, N. Curi J.C. Ker (Ed.), *Mineralogia de solos brasileiros* (2012).

Nascimento, D. M. do, Cavalieri-Polizeli, K. M. V., Silva, A. H. da Favaretto, N., & Parron, L. M. (2019). Soil physical quality under long-term integrated agricultural production systems. *Soil and Tillage Research*, 186, 292–299.

Oliveira, J.M., Madari, B.E., Carvalho, M.T.D.M., Assis, P.C.R., Silveira, A.L.R., de Leles Lima, M., Wruck, F.J., Medeiros, J.C., Machado, P.L.O.D.A., 2018. Integrated farming systems for improving soil carbon balance in the southern Amazon of Brazil. *Reg. Environ. Chang.* 18, 105–116. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1146-0>.

Oliveira, W.R.D., Ramos, M.L.G., Carvalho, A.M., Coser, T.R., Silva, A.M.M., Lacerda, M.M., Souza, K.W., Marchão, R.L., Vilela, L., Pulrolnik, K., Dynamics of soil microbiological attributes under integrated production systems, continuous pasture, and native Cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.* V.51, n.9, p. 1501–1510, 2016.

Pissinati, A.; Moreira, A.; Santoro, P.H. Yield components and nutrients content in summer cover plants used in crop rotation in no-tillage system. *Commun. Soil Sc. Plant Anal.*, v.49, n.13, p. 1604–1616, 2018

Santana, R.C.; Barros, N.F.; Neves, J.C.L. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do Estado de São Paulo. *Revista árvore*, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 447-457, 2002.

Santos, G.G.; Silveira, P.M.; Marchão, R.L.; Petter, F.A.; Becquer, T. Atributos químicos e estabilidade de agregados sob diferentes culturas de cobertura em Latossolo do cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v. 16, n. 11, p. 1171-1178, 2012.

Santos, P. W., Silva, M. L. N., Avanzi, J. C., Acuña-Guzman, S. F., Cândido, B. M., Cirillo, M. Â., Curi, N. Soil quality assessment using erosion-sensitive indices and fuzzy membership under different cropping systems on a Ferralsol in Brazil. *Geoderma regional* (2021). <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00385>.

Stieven, A. C., Campos, D. T. S., Santos, J. O., Oliveira, D. A., Wruck, F. J. Soil Chemical Attributes in Integrated Systems. *Scientia Amazonia*, v. 7, n.1, p. 60-67, 2018.

Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., Teixeira, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017, 573 p.