



Integração Lavoura-Pecuária-Floresta como alternativa de intensificação sustentável para solos arenosos do Oeste da Bahia



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 271

Integração Lavoura-Pecuária-Floresta como alternativa de intensificação sustentável para solos arenosos do Oeste da Bahia

*Flávia Cristina dos Santos
Márcia Cristina Teixeira da Silveira
Lourival Vilela
Roberto Giolo de Almeida
Renato Vinícius Oliveira Castro
Manoel Ricardo de Albuquerque Filho
Christiane Abreu de Oliveira Paiva
Karina Pulronik
Allan Bruno Almeida de Figueiredo*

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretário-Executivo
Elena Charlotte Landau

Membros
*Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso
Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Maria
Cristina Dias Paes*

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Márcio Augusto Pereira do Nascimento

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Márcio Augusto Pereira do Nascimento

Foto da capa
Flávia Cristina dos Santos

1ª edição
Publicação digital (2022): PDF

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Milho e Sorgo

Integração Lavoura-Pecuária-Floresta como alternativa de intensificação sustentável
para solos arenosos do Oeste da Bahia / Flávia Cristina dos Santos et al. – Sete
Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2022.

PDF (43 p.) : il. color. – (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277
; 271).

1. Sistema integrado. 2. Sistema de cultivo. 3. Solo arenoso. 4. Agricultura
sustentável. I. Santos, Flávia Cristina dos. II. Silveira, Márcia Cristina Teixeira da.
III. Vilela, Lourival. IV. Almeida, Roberto Giolo de. V. Castro, Renato Vinícius
Oliveira. VI. Albuquerque Filho, Manoel Ricardo de. VII. Oliveira-Paiva, Christiane
Abreu de. VIII. Pulronik, Karina. IX. Figueiredo, Allan Bruno Almeida de. X. Série.

CDD (21.ed.) 631.58

Autores

Flávia Cristina dos Santos

Engenheira Agrônoma, doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG

Márcia Cristina Teixeira da Silveira

Zootecnista, doutora em Manejo e Avaliação de Plantas Forrageiras e Pastagens, pesquisadora da Embrapa Pecuária Sul, Bagé-RS

Lourival Vilela

Engenheiro Agrônomo, mestre em Ciências do Solo, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF

Roberto Giolo de Almeida

Engenheiro Agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande-MS

Renato Vinícius Oliveira Castro

Engenheiro Florestal, doutor em Ciência Florestal, Professor da Universidade Federal de São João del-Rei-MG

Manoel Ricardo de Albuquerque Filho

Engenheiro Agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG

Christiane Abreu de Oliveira Paiva

Engenheira Agrônoma, doutora em Interação Planta-Microrganismos, pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG

Karina Pulrolnik

Engenheira Florestal, doutora em Agronomia Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF

Allan Bruno Almeida de Figueiredo

Gerente Técnico da Fazenda Trijunção

Apresentação

Os sistemas integrados, em especial a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), possuem abrangência entre 15,1 e 17,4 milhões de hectares, segundo a estimativa realizada pela Embrapa no ano de 2020. Esses sistemas se apresentam como tecnologia viável a ser utilizada nos diversos ambientes agrícolas do País, sendo uma alternativa importante para recuperação de pastagens degradadas, para melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo, para mitigação da emissão de gases de efeito estufa e para garantir maior segurança e rentabilidade ao agricultor pela diversificação dos componentes florestal, da agricultura e da pecuária.

Para os solos arenosos, que apresentam maiores restrições aos cultivos, os sistemas integrados têm grande potencial de uso para a intensificação sustentável da produção, propiciando melhorias nos diferentes componentes da fertilidade do solo, melhoria da produtividade das plantas e animais, com maior conforto animal.

A região do Oeste da Bahia, apesar da grande importância para a agricultura nacional, apresenta uma pecuária em que os sistemas integrados não são bem difundidos, havendo espaço para avanços e expansão. Portanto, os resultados apresentados neste trabalho com ILPF poderão não só subsidiar o pecuarista local de informações importantes, como também incentivar a expansão deste sistema na região.

Frederico Ozanan Machado Durães

Chefe-geral da Embrapa Milho e Sorgo

Introdução

A região Oeste da Bahia, uma das mais importantes do País, tem a soja como principal atividade agrícola, sendo cultivada desde o início da década de 1980, principalmente sobre solos arenosos e de textura média. Atualmente, o cultivo de algodão, milho, sorgo, forrageiras, café e a pecuária são as atividades que complementam a matriz produtiva.

Cabe destacar as características gerais dos solos do Oeste da Bahia, que apresentam textura variando de areia-franca a franco-arenosa, ou seja, média-arenosa. Trata-se de solos profundos, muito bem drenados e naturalmente muito pobres em termos de fertilidade. Nesses solos, os teores de argila só atingem valores acima de 15% a partir de 1 m de profundidade, enquanto em todo o perfil predominam as partículas no tamanho de areia média e fina, que juntas perfazem acima de 70% da granulometria dos solos. Possuem como vantagem para uso agrícola a inexistência de impedimentos físicos e o relevo plano, o que favorece a mecanização das atividades (Albuquerque Filho et al., 2020).

Apesar de toda a fragilidade apresentada pelos solos, nessa região ainda é comum o preparo convencional do solo, que provoca alterações em sua estrutura, diminuindo a porosidade original observada nas áreas nativas e, conseqüentemente, promovendo sua degradação, a qual está relacionada com alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas, causadas também pela ausência de uma cobertura morta efetiva. Além disso, a condição das pastagens locais não se diferencia muito da realidade nacional, em que a degradação das pastagens tem sido um grande problema para a pecuária brasileira, desenvolvida basicamente a pasto. Estima-se que 80% dos 50 a 60 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Brasil Central encontram-se em algum estado de degradação, ou seja, em processo evolutivo de perda de vigor, sem possibilidade de recuperação natural e incapaz de sustentar os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais, bem como de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas invasoras (Carvalho et al., 2017; Torres et al., 2018).

Os sistemas integrados de produção, como a Integração Lavoura-Pecuária (ILP) ou Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) podem servir como alternativas ao monocultivo com preparo convencional contínuo (Marchão et al., 2008). Além disso, oferecem alternativas reais para redução dos riscos climáticos e mercadológicos, aumentando a sustentabilidade da produção agropecuária com a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Essa melhoria ocorre principalmente em razão de aumento da matéria orgânica; controle mais eficiente de insetos-pragas, doenças e plantas daninhas; diminuição no uso de agrotóxicos; redução da erosão; melhoria de condições microclimáticas para os animais, pela contribuição do componente arbóreo; intensificação da ciclagem de nutrientes e mitigação de gases de efeito estufa (Kichel et al., 2014).

Em relação ao componente arbóreo dos sistemas integrados, cabe ressaltar as vantagens do uso do eucalipto, que tem quatro décadas de conhecimento acumulado de suas espécies e clones, destacando-se algumas delas: (i) arquitetura de copas favorável para manejo e uso com lavoura e pastagem intercaladas e, ao mesmo tempo, provedora de sombra para os animais; (ii) precocidade e adaptabilidade; (iii) grande diversidade de genótipos validados para uso em diferentes condições edafoclimáticas; (iv) grande número de viveiros registrados e certificados que oferecem mudas de qualidade com preços acessíveis; (v) disponibilidade de clones, garantindo uniformidade da plantação, oferecendo maior previsibilidade da produtividade de biomassa ou de outro produto, ou da oferta de serviços ecossistêmicos ao longo do ciclo em sistemas de ILPF, como na estimativa

da mitigação de carbono em processos de certificação; (vi) conhecimento acumulado quanto às vulnerabilidades a pragas e doenças; (vii) múltiplos usos da madeira (Skorupa et al., 2021).

Adicionalmente a todos os benefícios dos sistemas integrados, a tecnologia envolvida neles está alinhada com a demanda crescente por alimentos, bioenergia e produtos florestais; à necessidade de redução de desmatamento e de redução da emissão de gases de efeito estufa. Portanto, a intensificação do uso da terra em áreas agrícolas e o aumento da eficiência e resiliência dos sistemas de produção podem contribuir para harmonizar esses interesses (Vilela et al., 2017).

No escopo dos produtos observam-se importantes contribuições para o atendimento de Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), especificamente para os ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), com a meta 2.4 de “até 2030, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo”; e o ODS 13 (Ação contra a mudança global do clima), com a meta 13.1 de “reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais em todos os países”, que é fundamental para a região de solos frágeis do Oeste da Bahia.

Considerando o potencial de mitigação das emissões dos gases de efeito estufa nestes sistemas, houve a criação do protocolo “Carne Carbono Neutro”, marca-conceito desenvolvida pela Embrapa, que visa atestar a carne bovina que tiver seus volumes de emissão de gases de efeito estufa neutralizados durante o processo de produção, pela presença de árvores em sistemas de integração do tipo silvipastoril (pecuária-floresta) ou agrossilvipastoril (lavoura-pecuária-floresta), por meio de processos produtivos parametrizados e auditados. Este conceito contribui para fomentar a implementação de sistemas de produção pecuários mais sustentáveis, especialmente quanto ao aspecto ambiental, com a introdução do componente arbóreo, capaz de neutralizar o metano emitido pelo rebanho, de forma a agregar valor à carne produzida (Alves et al., 2015).

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o sistema ILPF, como alternativa de intensificação sustentável para uso dos solos arenosos do Oeste da Bahia.

Metodologia de trabalho e resultados em cada safra

Safra 2018/2019

A pesquisa foi iniciada em agosto de 2018, com implantação de área sob ILPF composta por 15 ha em solo arenoso e com as características químicas e físicas antes da instalação do ensaio apresentadas na Tabela 1. Foi realizada a correção do solo com aplicação de 5 t ha⁻¹ de calcário (PRNT 76%), em agosto de 2018. Em outubro de 2018, foram aplicados 700 kg ha⁻¹ de gesso e 290 kg ha⁻¹ de MAP (11-52-00).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo da área experimental antes da instalação do ensaio.

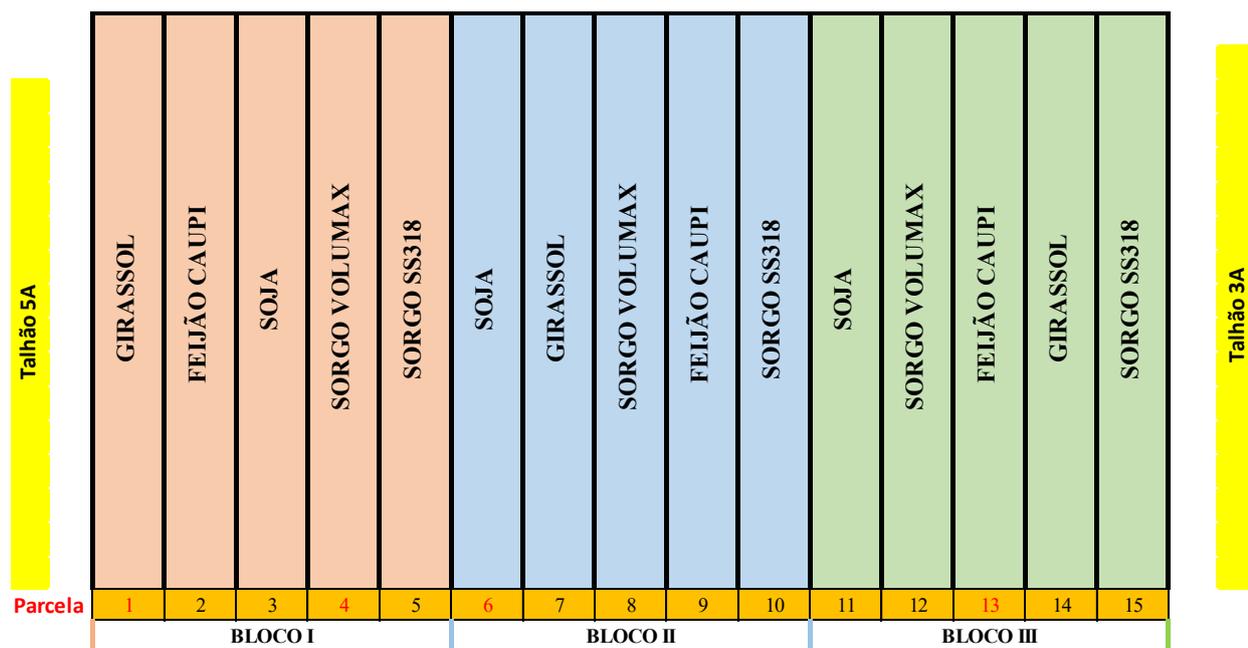
Prof.	pH	P-M1	K	S	Ca	Mg	Al	H+Al	T	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn
cm	H ₂ O	—mg dm ⁻³ —			—cmol _c dm ⁻³ —				—%—	—mg dm ⁻³ —						
0-20	6,5	2,1	14,3	10,5	1,1	0,4	0,01	0,8	2,2	59,5	0,9	0,1	2	57,5	1,1	3,4
20-40	5,5	1	10,5	16,7	0,4	0,2	0,05	1,3	1,8	25,9	13,7	0,1	1,6	58,9	0,7	2,8

Prof.	Argila	Silte	Ar. Fina	Ar. Gr	MO
cm	—dag kg ⁻¹ —				
0-20	11	2	23	64	0,67
20-40	14	2	21	63	0,67

OBS: pH em água, relação 1:2,5 TFSA; P-M1, K, Cu, Mn, Fe e Zn - Método Mehlich 1; S - Método Ca(H₂PO₄)₂, 500 mg L⁻¹ de P, em HOAc 2 mol L⁻¹; Ca, Mg, Al - Método KCl 1 mol L⁻¹; H+Al - Método Ca(Oac)₂ 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0; MO - Método Walkley & Black (MO = 1,724 x CO); B - Método da água quente.

O plantio do eucalipto foi realizado de 03 a 06/12/18, com a utilização de dois clones: AEC 144 e AEC 2084, sob condição de sequeiro, com aplicação de 200 g de 03-18-05 + micronutrientes nas covas do eucalipto, e uso de hidrogel. Nos períodos de maior déficit hídrico foi realizada a irrigação de salvamento utilizando caminhão pipa.

Objetivando aproveitar a área do ensaio de ILPF para realizar o teste de adaptação de cultivares às condições edafoclimáticas locais, optou-se por realizar o cultivo de cinco culturas distribuídas nas 15 parcelas do experimento e considerando-se três blocos (Figura 1). As culturas selecionadas foram: girassol, feijão caupi, sorgo forrageiro (Volumax e SS 318) e soja, e seus plantios foram realizados na mesma data dos clones do eucalipto, com aplicação de 200 kg ha⁻¹ de MAP + micronutrientes no sulco de plantio das culturas. As culturas foram plantadas em linhas espaçadas de 0,5 m entre linhas, buscando-se a população de plantas indicada para cada genótipo. O eucalipto foi plantado em 15 renques com 400 m de comprimento, em espaçamento de 2 m entre plantas e de 25 m entre renques, totalizando uma área de 15 ha. No dia 16/01/19 foi realizada a adubação de cobertura nas culturas com 120 kg ha⁻¹ de ureia e 100 kg ha⁻¹ de KCl, aplicados a lanço.

**Figura 1.** Croqui da área experimental do ILPF. Safra 2018/2019.

A colheita dos ensaios foi realizada de 09 a 11/04/2019, com contagem de estande de plantas, medição da altura e avaliação da produtividade de massa verde (MV), massa seca (MS) e produtividade de grãos.

Diagnóstico climático

No início do projeto foi caracterizado o balanço hídrico climatológico da Fazenda Santa Luzia, utilizando-se dados climatológicos do município de Formoso, Minas Gerais, e dados da capacidade de água no solo (CAD) da Fazenda Santa Luzia, localizada no município de Jaborandi, Bahia. Esses dados são importantes para subsidiar ações de pesquisa quanto ao posicionamento de material genético, escolha de época mais adequada para o plantio das culturas, entre outros (Albuquerque et al., 2020).

Considerando-se três profundidades dentro dos perfis de solo caracterizados na Fazenda Santa Luzia (30, 50 e 70 cm), que são as mais comuns para os sistemas radiculares das principais culturas agrícolas, e considerando os limites inferior (0,04 m/m) e superior (0,07 m/m) da CAD obtida para os perfis de solo, foi elaborado o gráfico de balanço hídrico climatológico para uma profundidade de 30 cm e CAD de 12 mm ou 0,04 m/m (Figura 2).

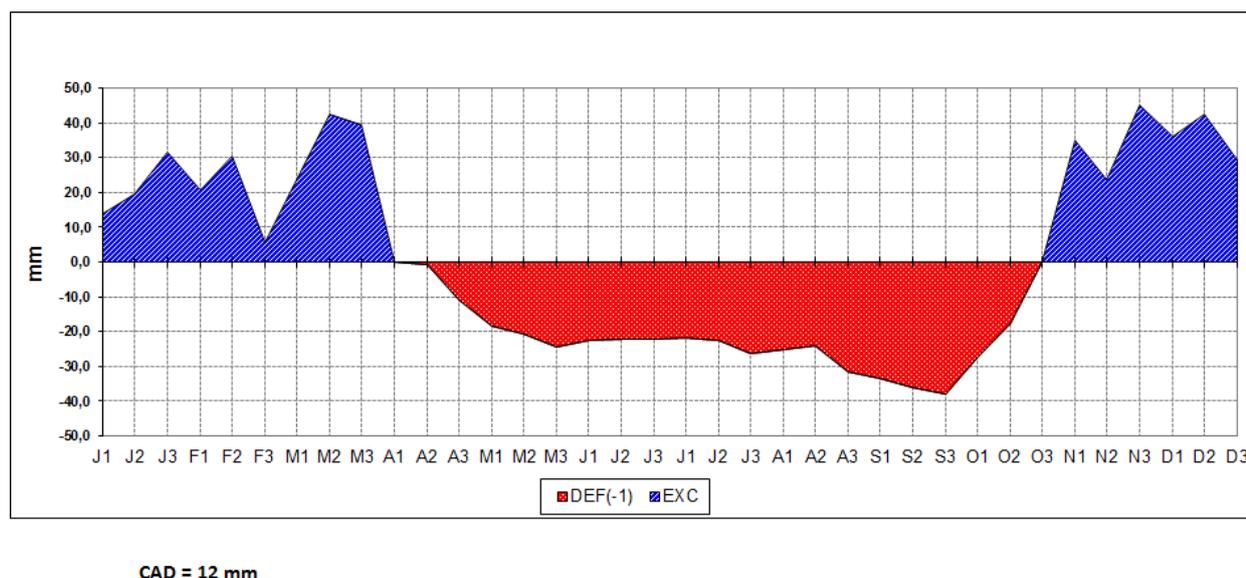


Figura 2. Balanço hídrico climatológico, em períodos decendiais, para a Fazenda Santa Luzia, município de Jaborandi-BA. Capacidade de água disponível do solo (CAD) de 12 mm (Profundidade de 30 cm e CAD de 0,04 m/m). DEF = déficit; EXC = excesso.

Observa-se que o período sazonal de excesso de água no solo para as condições da região da Fazenda Santa Luzia (Jaborandi-BA) ocorre entre o terceiro decêndio de outubro até o primeiro decêndio de abril. Entretanto, pode-se considerar um período de seis meses sem ocorrência de déficit hídrico (terceiro decêndio de outubro até o segundo decêndio de abril).

O período de déficit de água no solo vai do terceiro decêndio de abril até o terceiro decêndio de outubro, ou seja, uma duração de seis meses. O ápice desse déficit ocorre no terceiro decêndio de setembro, cujo valor aproxima-se de 40 mm.

Deve-se considerar essas informações para planejamento de plantio, escolha de sistemas de produção, entre outros. Ressalta-se também a importância da utilização de práticas de manejo

que minimizem os efeitos do déficit hídrico no solo, como correção de perfil de solo para maior aprofundamento radicular das plantas e cobertura vegetal do solo.

Na Figura 3 e na Tabela 2 são apresentados os dados climáticos durante o ciclo das culturas, safra 2018/2019.

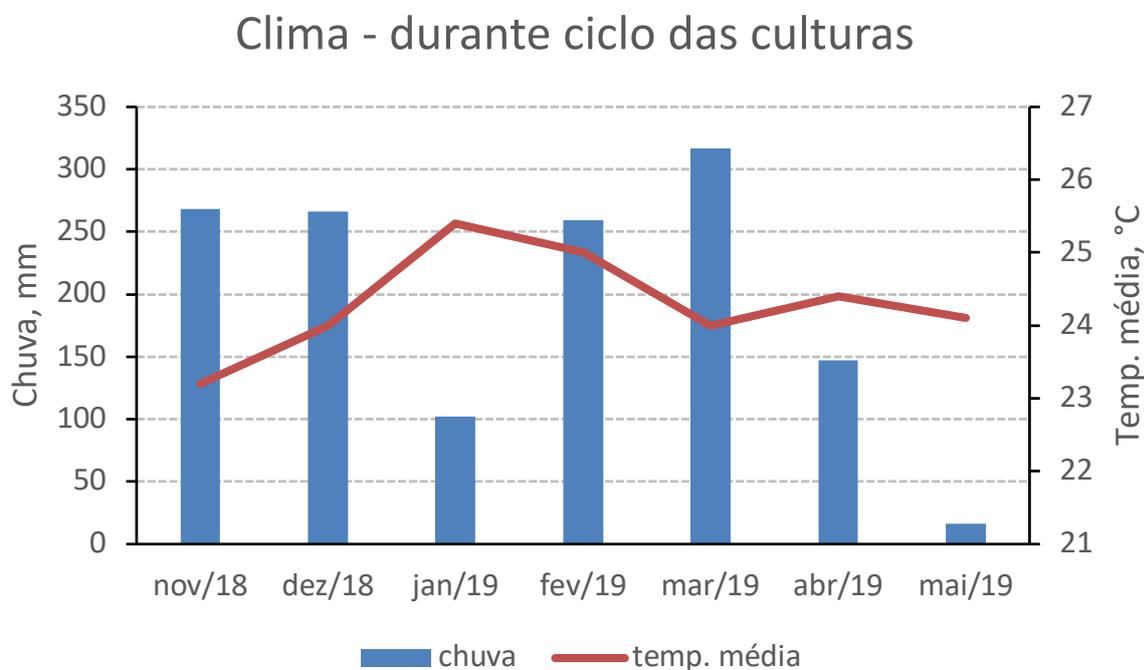


Figura 3. Chuva e temperatura média durante o ciclo das culturas. Safra 2018/2019

Tabela 2. Condições climáticas durante o ciclo das culturas. Safra 2018/2019.

Mês	Umidade Média (%)	Ponto de Orvalho Média (°C)	Vento Máx (m s ⁻¹)	Radiação (KJ m ⁻²)	
				Incidente Total Diária	Refletida Total Diária
Nov./18	81,32	19,01	8,58	14306,92	4036,53
Dez./18	75,19	18,12	9,93	16751,99	5027,27
Jan./19	63,81	16,98	9,00	20275,02	5792,07
Fev./19	74,54	19,00	9,90	17438,99	5103,55
Mar./19	81,01	19,71	9,08	15061,44	4792,64
Abr./19	77,65	19,36	7,77	15537,22	4511,21
Mai./19	71,59	17,68	7,28	14621,90	4387,09

Resultados das culturas

As parcelas que continham a cultura da soja foram todas consumidas pelas emas e, portanto, em 22/01/19, foi plantada *B. brizantha* cv. BRS Paiaguás para substituir a soja.

A Tabela 3 apresenta os resultados com as culturas do experimento de ILPF, safra 2018/2019.

Observa-se que o estande de plantas do sorgo forrageiro ficou abaixo do recomendado para a cultura, que é de cerca de seis plantas por metro (Tabela 3). Entretanto, os dados de produtividade de massa verde e seca de sorgo forrageiro mostram um bom resultado para a região, que passou por veranico de 30 dias na safra. Os estandes do feijão-caupi e girassol ficaram dentro do recomendado para as culturas, entretanto, a produtividade de grãos, por exemplo, do girassol, foi inferior ao potencial para o Cerrado em condição de sequeiro, que é de 3.500 kg ha⁻¹ de grãos. O capim-paiaguás teve um bom desempenho, apresentando produtividade de massa verde e seca acima da obtida por Nascimento et al. (2019) em experimento realizado em Tangará da Serra-MT, que em quatro cortes obtiveram MV de 15,3 t ha⁻¹ e 3,2 t ha⁻¹ de MS.

Tabela 3. Resultados das culturas do experimento de ILPF. Safra 2018/2019

Cultura	Estande	Altura plantas	MV	MS	Produtividade grãos
	pls m ⁻¹	m	——t ha ⁻¹ ——		kg ha ⁻¹
Sorgo forrageiro Volumax	3,6	2,6	36,5	9,5	
Sorgo forrageiro SS 318	3,6	2,7	42,4	13,2	
Feijão caupi	5,5	0,4			2.372
Girassol	7,8	0,9			1.697
<i>B. brizantha</i> cv. BRS Paiaguás		0,4	22,6	6,6	

Na Figura 4 observa-se o aspecto geral do girassol e do sorgo Volumax.

Foto: Flávia Cristina dos Santos



Foto: Flávia Cristina dos Santos



Figura 4. Culturas do girassol e sorgo do experimento de ILPF. Safra 2018/2019.

Resultados do eucalipto

A quantidade média de árvores por renque (400 m lineares) no primeiro ano de desenvolvimento foi de 186 árvores (renques 1 ao 12), e de 129 árvores por renque (renques 13 ao 15), resultando em uma taxa média de falha de plantio de 7% até o décimo segundo mês, desconsiderando os renques 13, 14 e 15, valor este dentro do aceitável para o estabelecimento da cultura, que é de 20%. Esse valor reflete a dificuldade de estabelecimento de plantas em solo arenoso e em área com ocorrência de pouca chuva (média histórica de 1.100 mm anuais) e frequência de veranicos.

No geral, as plantas sobreviventes apresentaram bom desenvolvimento (Figura 5).



Figura 5. Aspecto geral do eucalipto plantado no experimento de ILPF. Safrá 2018/2019.

Avaliação da qualidade do solo por meio de análises enzimáticas

Em maio de 2019 foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-10 cm para avaliação e monitoramento da qualidade do solo por meio de análises enzimáticas. Foram coletadas seis amostras simples (duas na linha e quatro na entrelinha) para formar uma amostra composta por parcela.

Entre os indicadores de qualidade de solo, os biológicos ou bioindicadores merecem especial atenção, pois os microrganismos são responsáveis na mediação de processos de liberação de nutrientes da matéria orgânica do solo, que são regulados pela atividade das enzimas do solo (Dorodnikov et al., 2009). Assim, as enzimas envolvidas na ciclagem de nutrientes têm sido

sugeridas como potenciais indicadores da qualidade do solo (Balashov et al., 2010), por indicar mudanças ocorridas na microbiota deste ambiente (Andrade; Silveira, 2004) e serem sensíveis a alterações na qualidade do solo (Valarini et al., 2011). Os atributos biológicos do solo reagem rapidamente a quaisquer alterações ocorridas no ambiente, podendo servir, portanto, como indicadores da qualidade do solo e da sustentabilidade de agroecossistemas (Dick et al., 1996; Hill et al., 2000; Islam; Weil, 2000).

Além disso, a microbiota do solo apresenta grande potencial de utilização em estudos da qualidade edáfica, pois os microrganismos constituem fonte e depósito de nutrientes em todos os ecossistemas e participam ativamente em processos benéficos como a estruturação do solo, a formação do húmus, a solubilização de nutrientes para as plantas e a degradação de compostos persistentes aplicados ao solo (Gama-Rodrigues; Gama-Rodrigues, 2008; Green et al., 2007; Kaschuk et al., 2010).

As alterações na atividade das enzimas podem refletir modificações no funcionamento metabólico do solo e na ciclagem de nutrientes, as quais são explicadas por mudanças na composição da comunidade microbiana (Acosta-Martínez et al., 2011; Fernandes et al., 2011).

Dentre as atividades enzimáticas, a arginase é uma enzima que desempenha papel importante no ciclo do nitrogênio, uma vez que catalisa a conversão de L-arginina no solo em L-ornitina e ureia, liberando amônio (Witte, 2011; Megda, 2013). Além disso, essa enzima catalisa a formação de óxido nítrico (NO) que está envolvido em uma variedade de funções biológicas (Hibbs et al., 1988; Moncada; Higgs, 1991).

As ureases participam do ciclo do nitrogênio, contribuindo para liberação de N inorgânico e catalisam a hidrólise da ureia para CO₂ e amônia, os quais são assimilados por microrganismos e plantas (Kizilkaya; Bayrakli, 2005). Portanto, as ureases do solo são altamente resistentes à degradação ambiental. Alguns autores admitem que isso ocorra porque elas ficam protegidas da ação de outras proteases, por permanecerem no interior dos solos, onde o substrato consegue penetrar (Melo et al., 2010).

As fosfatases hidrolisam compostos de P orgânico transformando-os em diferentes formas de P inorgânico, os quais são assimilados pelas plantas (Amador et al., 1997; Baker et al., 2011). Quanto às denominações ácidas e alcalinas, essas referem-se à faixa ótima de pH nas quais atuam essas enzimas (Dodor; Tabatabai, 2003). A fosfatase ácida tem sido reportada como predominante em solos ácidos, enquanto a fosfatase alcalina predomina em solos alcalinos.

A enzima arilsulfatase participa da ciclagem de S no sistema solo-planta, sendo também sua atividade um importante indicador de qualidade do solo.

A atividade da β -glicosidase é responsável por catalisar a hidrólise de vários β -glicosídeos, com papel essencial na ciclagem de nutrientes, as glicosidases são umas das mais comuns e abundantes enzimas dos solos (Tabatabai, 1994; Sousa, 2014). Tal enzima realiza a hidrólise limite da celulose e é detectada em diversos organismos, como animais, plantas, bactérias e fungos, e sua atividade pode ser influenciada pela temperatura do solo, pH, qualidade e conteúdo de matéria orgânica (Tabatabai, 1994; Daroit, 2007; Balota et al., 2013).

Em relação às enzimas envolvidas na ciclagem de N no sistema, houve maior atividade da arginase no Cerrado em relação ao ILPF, e não houve diferença na atividade da enzima urease entre os dois sistemas (Figura 6). Entretanto, como para a ciclagem de N a enzima urease tem se mostrado um melhor indicador, nota-se o potencial do ILPF em manter, ou mesmo melhorar, a

qualidade do solo em relação ao Cerrado. Além disso, essa avaliação foi realizada cerca de seis meses depois da instalação do experimento de ILPF, ou seja, ainda muito recente.

Quanto à eficiência da ciclagem de P no sistema, o solo do Cerrado apresentou melhor capacidade de ciclagem biológica do P, medida pela atividade da enzima fosfatase ácida (Figura 6). Na avaliação da atividade da enzima fosfatase alcalina, o ILPF foi superior ao Cerrado, em termos da qualidade biológica relacionada à ciclagem do fósforo (Figura 6). A fosfatase ácida é liberada tanto pelas plantas quanto pelos microrganismos do solo e, no caso da fosfatase alcalina, ela é produzida quase exclusivamente pelos microrganismos do solo, o que evidencia uma maior atividade microbiológica no ILPF (Figura 6).

Avaliando a ciclagem de S no sistema, não ocorreu diferença na atividade da enzima aril-sulfatase entre o controle Cerrado e o ILPF (Figura 6). Segundo Mendes et al. (2021), os melhores indicadores de qualidade biológica do solo são a enzima β -glicosidase, que bioindica a ciclagem de C, e a arilsulfatase, sendo mais estáveis e reproduzíveis.

No caso da ciclagem de carbono no sistema solo-planta, medida pela atividade da enzima β -glicosidase, o ILPF foi um pouco superior ao Cerrado, indicando uma maior atividade dessa enzima, capaz de ciclar o carbono orgânico do solo (Figura 6). Isso demonstra que nesta área a atividade biológica do solo apresenta maior capacidade de ciclagem do carbono do solo, com melhor qualidade biológica em relação ao Cerrado.

O sistema ILPF apresentou, portanto, qualidade biológica do solo superior ao ambiente natural de mata de Cerrado, mesmo ainda sendo bastante recente. O monitoramento da qualidade do solo por meio da atividade enzimática será continuado e espera-se, com o tempo, um maior incremento na qualidade do solo na área de ILPF, comprovando os benefícios da adoção deste sistema em solos arenosos.

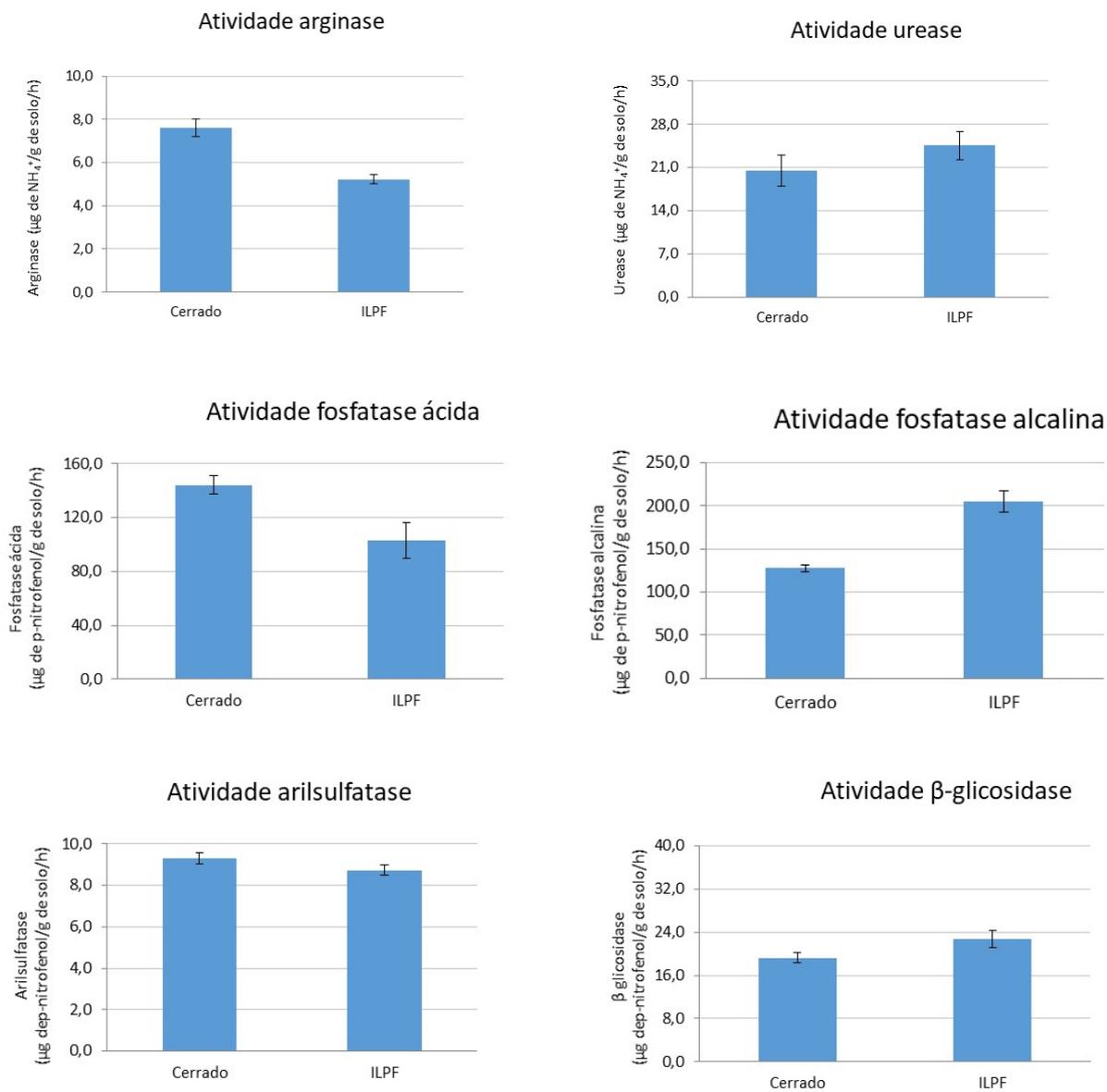


Figura 6. Atividade enzimática no solo de Cerrado e da área do experimento de ILPF.

Safra 2019/2020

Os dados climáticos durante o ciclo das culturas se encontram na Figura 7 e na Tabela 4.

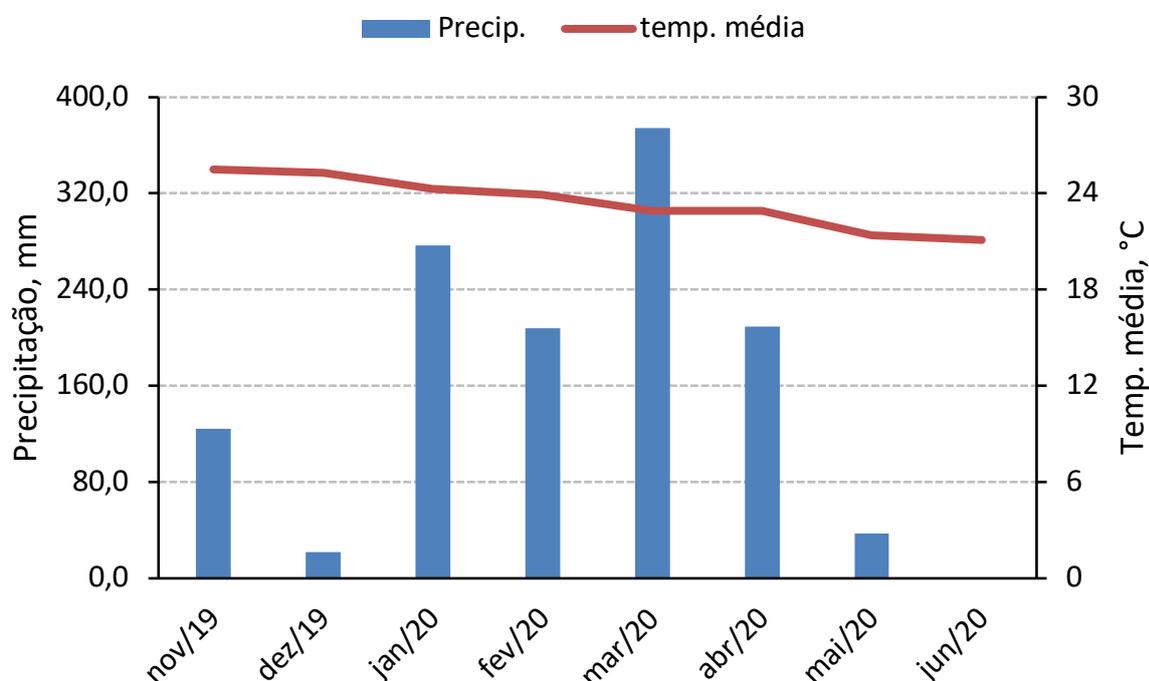


Figura 7. Precipitação e temperatura média mensal durante o ciclo das culturas. Precipitação total (nov./2019 a jun./2020) = 1.253 mm

Tabela 4. Condições climáticas durante o ciclo das culturas. Safra 2019/2020.

Mês	Umidade Média (%)	Ponto de Orvalho Média (°C)	Vento Máx (m s ⁻¹)	Radiação (KJ m ⁻²)	
				Incidente Total Diária	Refletida Total Diária
Nov./19	64,12	17,12	0,00	16293,57	3202,38
Dez./19	68,08	18,37	0,96	17238,88	4505,31
Jan./29	76,76	19,37	5,64	16505,74	4191,32
Fev./20	79,88	19,81	5,52	14487,65	3833,44
Mar./20	85,85	20,19	3,29	13728,38	3567,35
Abr./20	82,24	19,43	1,70	13607,60	3415,17
Mai./20	76,15	16,52	4,64	13159,21	3457,40
Jun./20	67,32	14,32	0,00	13475,80	3942,48

De maneira geral, observam-se boas condições de precipitação durante o ciclo das culturas com um total de 1.253 mm bem distribuídos ao longo dos meses, à exceção do mês de dezembro de 2019.

Dando início ao segundo ano de experimentação, em novembro de 2019 foi realizada amostragem de solo na área do ILPF, por parcela, para fins de diagnóstico da fertilidade e os resultados, por blocos, se encontram na Tabela 5. O teor de argila do solo é de 11 dag kg⁻¹ na camada de 0-20 cm e 14 dag kg⁻¹ na camada de 20-40 cm.

Tabela 5. Características químicas dos blocos da área de ILPF antes do plantio. Novembro de 2019.

BL1	Prof.	pH	P-M1	K	S	Ca	Mg	Al	H+Al	T	V	MO	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	cm	H ₂ O	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³				%	dag kg ⁻¹	mg dm ⁻³					
	0-10	7,30	24,00	19,20	4,80	1,80	0,60	0,00	0,30	2,80	90,00	0,60	0,07	0,03	2,38	28,50	0,94
	10-20	7,20	17,50	11,20	6,60	1,70	0,60	0,00	0,40	2,70	86,00	0,70	0,05	0,00	1,58	28,80	0,80
	20-40	6,60	7,80	1,20	11,40	0,80	0,40	0,00	0,90	2,00	58,00	0,40	0,04	0,00	0,62	33,50	0,60
BL2	Prof.	pH	P-M1	K	S	Ca	Mg	Al	H+Al	T	V	MO	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	cm	H ₂ O	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³				%	dag kg ⁻¹	mg dm ⁻³					
	0-10	7,40	17,80	14,00	7,80	1,90	0,60	0,00	0,30	2,90	91,00	0,80	0,05	0,04	2,12	25,50	0,75
	10-20	7,20	10,70	8,00	9,80	1,60	0,60	0,00	0,40	2,60	83,00	0,80	0,05	0,01	1,48	26,90	0,60
	20-40	6,50	2,10	0,00	10,80	0,70	0,30	0,00	1,10	2,00	47,00	0,50	0,04	0,00	0,58	38,60	0,46
BL3	Prof.	pH	P-M1	K	S	Ca	Mg	Al	H+Al	T	V	MO	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	cm	H ₂ O	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³				%	dag kg ⁻¹	mg dm ⁻³					
	0-10	7,30	21,10	21,60	6,20	2,00	0,70	0,00	0,40	3,20	87,00	1,00	0,17	0,12	2,34	32,60	1,12
	10-20	7,10	11,20	13,20	7,30	1,60	0,50	0,00	0,60	2,80	77,00	0,80	0,16	0,08	1,46	30,90	0,96
	20-40	5,90	1,40	0,80	14,60	0,50	0,20	0,00	1,40	2,10	33,00	0,60	0,14	0,02	0,38	41,70	0,59

OBS: pH em água, relação 1:2,5 TFSA; P-M1, K, Cu, Mn, Fe e Zn - Método Mehlich 1; S - Método Ca(H₂PO₄)₂, 500 mg L⁻¹ de P, em HOAc 2 mol L⁻¹; Ca, Mg, Al - Método KCl 1 mol L⁻¹; H+Al - Método Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0; MO - Método Walkley & Black (MO = 1,724 x CO); B - Método da água quente.

Na safra 2019/2020 foram cultivados os sorgos forrageiros BRS 658, Volumax, Ponta Negra, capim-sudão cv Estribo e o milho forrageiro ADR 6010, todos consorciados com a *Brachiária brizantha* cv. BRS Piatã (Figura 8). Por causa do entupimento dos bicos de uma parte da plantadeira, verificado posteriormente, foi semeado o milho ADR 300 em parte das parcelas com o milho ADR 6010.

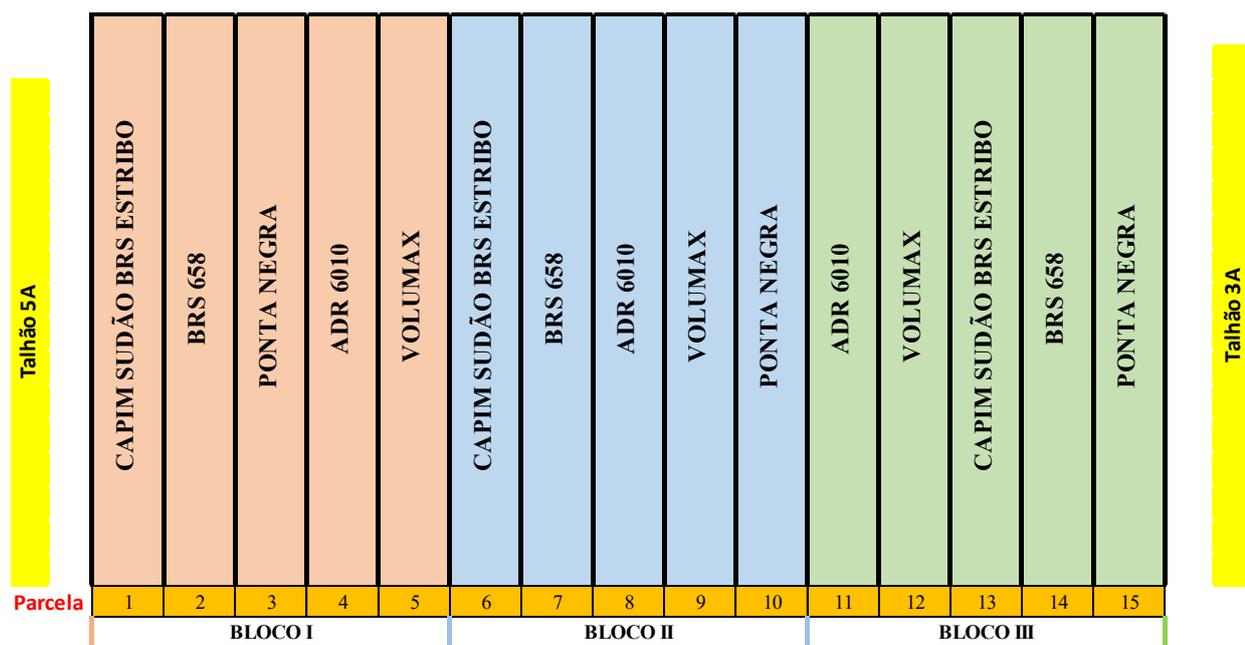


Figura 8. Croqui da área experimental do ILPF. Safra 2019/2020. OBS: Parcelas 4, 8 e 11 semeadas também com o milho ADR 300.

O plantio das culturas foi iniciado em 26/11/2019, com regulagem da plantadeira de 8,8 sementes m⁻¹ linear para a cultura do sorgo, em sistema SPD sobre palhada das culturas anteriores. Os sorgos foram plantados em linha, com o piatã a lanço, por meio da moto-semeadora Ikeda acoplada na frente do trator e regulada para 15 kg ha⁻¹ de sementes. Já para os milhetos e para o capim-sudão, o processo foi invertido, com o capim-piatã na plantadeira e as outras culturas na moto-semeador Ikeda, sendo 10 kg ha⁻¹ dos milhetos e 30 kg ha⁻¹ do capim-sudão. A adubação de plantio foi de 400 kg ha⁻¹ do formulado 11-33-11 + 30 kg ha⁻¹ de FTE + 30 kg ha⁻¹ de Ulexita, aplicados em sulco de plantio. O tratamento de sementes foi feito com Cropstar e grafite, segundo recomendação padrão para as culturas.

No dia 10/12/2019 foi realizada adubação a lanço no eucalipto (10 cm a 15 cm do tronco, em círculo), com aplicação de 150 g pl⁻¹ de 11-33-11+30FTEBR-12 + 20 g pl⁻¹ de FTE BR-12 + 20 g pl⁻¹ de Ulexita. Nas culturas, em cobertura e a lanço, foram aplicados 1 L ha⁻¹ de Quimifol Cerrado, nos estádios V4 e V8, e 200 kg ha⁻¹ de 20-00-30 (03/01/2020) e 150 kg ha⁻¹ de ureia e 150 kg ha⁻¹ de KCl (16/01/2020).

Foram realizados os demais tratos culturais seguindo o Manejo Integrado de Pragas (MIP) conforme indicação para as culturas.

As avaliações da colheita dos ensaios foram realizadas de 17 a 19/03/2020, com contagem de estande de plantas, medição da altura e avaliação da produtividade de massa verde (MV), massa seca (MS) e produtividade de grãos.

Foi realizada também a contagem dos dois clones de eucalipto nos 15 renques existentes na área, em dezembro de 2019, ou seja, com as plantas com um ano de vida, para avaliar a porcentagem de mortalidade.

Resultados das culturas

Na Figura 9 pode-se ter uma visão geral da área no mês de fevereiro de 2020.

O primeiro corte das plantas para avaliação do rendimento de forragem e demais características das plantas foi realizado em 17/03/2020, e o segundo corte, para avaliação da rebrota, foi realizado em 10/06/2020. Os resultados desses cortes se encontram na Tabela 6.

A população de piatã ficou abaixo do esperado, com uma média geral da área de 10,5 plantas m⁻¹. Apenas as parcelas 12, 13, 14 e 15 ficaram com média acima de 15 plantas m⁻¹, considerada adequada para este capim (Almeida et al., 2009). De qualquer forma, as plantas não se desenvolveram bem e houve necessidade de replantio do piatã no início das águas da safra 2020-2021, pois é fundamental ter na área do ILPF uma pastagem bem formada.

No primeiro corte, destaca-se o bom desenvolvimento e a produtividade do milho forrageiro ADR 6010, atingindo média de altura de 3,0 metros e produzindo mais de 50 t ha⁻¹ de MV e mais de 10 t ha⁻¹ de MS, mesmo sob um ataque mediano das lagartas curuquerê-dos-capinzais (Tabela 6). O milho ADR 300, muito comum na região, apresentou produtividade abaixo do ADR 6010, mas se igualou aos sorgos forrageiros BRS 658 e Volumax (Tabela 6), mesmo tendo sido esse milho severamente atacado pelas lagartas curuquerê-dos-capinzais. O sorgo Ponta Negra e o capim-sudão tiveram o pior desempenho entre os materiais no tocante ao primeiro corte (Tabela 6), mas há que se considerar que houve muita falha nos estandes desses materiais; no Ponta Negra possivelmente por baixa qualidade da semente, e no capim-sudão por deriva ao se semear com o equipamento Ikeda.

Foto: Flávia Cristina dos Santos



Figura 9. Visão geral da área de ILPF. Foto: Allan Figueiredo (17/02/2020).

Em relação à rebrota, ressalta-se o bom desempenho do capim-sudão, podendo ser uma alternativa interessante para as condições dos solos arenosos testados, pois o produtor pode realizar a silagem com o primeiro corte e ter uma alternativa de pastejo na rebrota e/ou como planta de cobertura (Tabela 6).

Considerando a produtividade total de massa verde (soma do primeiro corte e rebrota), nota-se que o milho ADR 6010 se destacou dos demais materiais, sendo seguido pelo sorgo BRS 658, Volumax e capim-sudão, tendo apresentado o menor desempenho o sorgo Ponta Negra e o milho ADR 300 (Figura 10). Quanto à produtividade total de massa seca, destaca-se o capim-sudão, com a maior produtividade, sendo obtidas quase 10 t ha^{-1} de MS no primeiro corte e mais 8 t ha^{-1} no segundo (Tabela 6 e Figura 10), mostrando ser uma cultura de grande potencial para utilização em solos arenosos, como opção de forragem ou até mesmo como planta de cobertura.

Tabela 6. Altura de planta até inserção da folha bandeira (Alt. folha bandeira), altura de planta até a ponta da panícula (Alt. panícula), rendimento de massa verde (MV) e massa seca (MS) das culturas do experimento de ILPF no primeiro corte e segundo corte (rebrotas). Safra 2019/2020.

Cultura	Alt. folha bandeira -----m-----	Altura panícula -----m-----	MV -----t ha ⁻¹ -----	MS
1º Corte				
Milheto ADR 6010	3,00 a	3,36 a	52,7 a	13,3 a
Volumax	1,93 b	2,45 b	36,7 b	7,7 bc
Sorgo BRS 658	1,94 b	2,39 b	34,3 b	8,5 bc
Milheto ADR 300	2,09 b	2,43 b	33,2 bc	7,8 bc
Ponta Negra	2,12 b	2,63 b	30,4 bc	7,2 c
Capim Sudão BRS	2,02 b	2,61 b	24,8 c	9,8 b
Estribo				
2º Corte (rebrotas)				
Capim Sudão BRS		2,54 a	20,3 a	8,0 a
Estribo				
Sorgo BRS 658		1,64 c	12,2 b	4,5 b
Ponta Negra		2,05 b	10,1 b	3,1 bc
Volumax		1,52 c	9,5 b	2,9 c

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

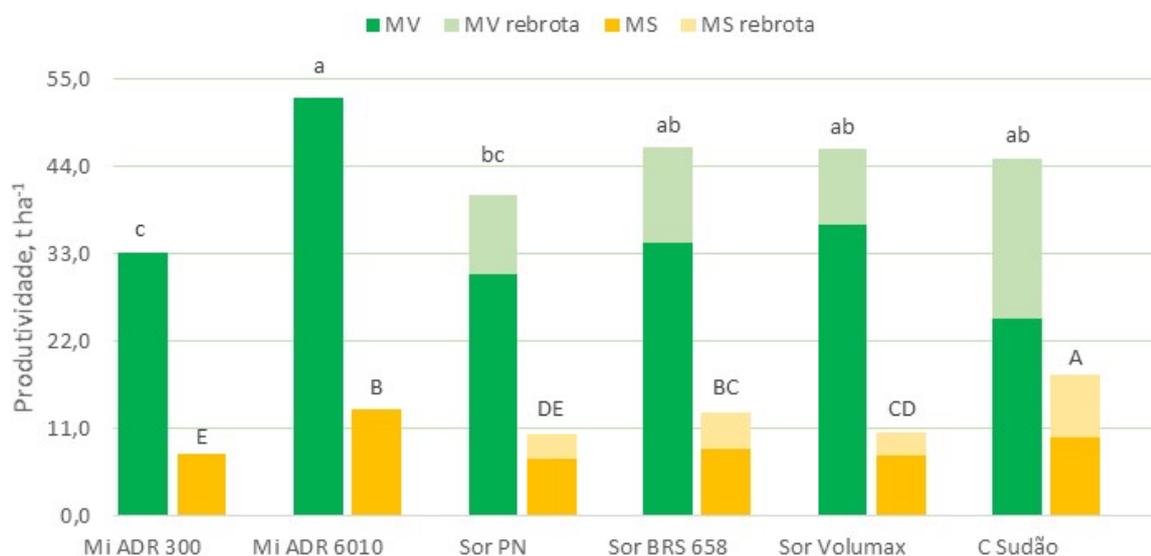


Figura 10. Produtividade de massa verde (MV) e massa seca (MS) do primeiro corte, rebrotas e total (soma primeiro corte e rebrotas) das culturas do experimento de ILPF. Safra 2019/2020. Médias seguidas pela mesma letra minúscula para MVT não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para MST não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Resultados do eucalipto

No geral, a média de mortalidade foi de 24%, ou seja, um pouco acima de 20%, que é o valor aceitável para o estabelecimento da cultura. Entretanto, desconsiderando os renques 1, 12, 13, 14 e 15, que tiveram porcentagens de mortalidade acima de 30%, a média dos outros 10 renques ficou em 18% de mortalidade, portanto, abaixo do valor aceitável (Tabela 7). De qualquer forma, as plantas apresentam desenvolvimento satisfatório para as condições edafoclimáticas da região (Figura 11 e Tabela 7).

Tabela 7. Contagem dos clones de eucalipto e avaliação da porcentagem de mortalidade. Dezembro de 2019.

Renque	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
AEC 144	58	83	80	91	92	90	88	86	79	85	84	77	70	60	41	1.164
AEC 2084	62	77	100	78	76	64	63	89	83	81	73	61	58	71	78	1.114
N. morte	80	40	20	31	32	46	49	25	38	34	43	62	72	69	81	722
% mortal.	40	20	10	16	16	23	25	13	19	17	22	31	36	35	41	24

Foto: Flávia Cristina dos Santos



Figura 11. Aspecto geral do eucalipto plantado no experimento de ILPF. Foto: Flávia Santos. Fev. 2020.

Safra 2020/2021

Na Figura 12 são apresentados os dados de chuva a partir da colheita das culturas da safra anterior (março de 2020) até o final do ano de 2020, uma vez que o piatã foi plantado em consórcio durante a safra 2019/2020.

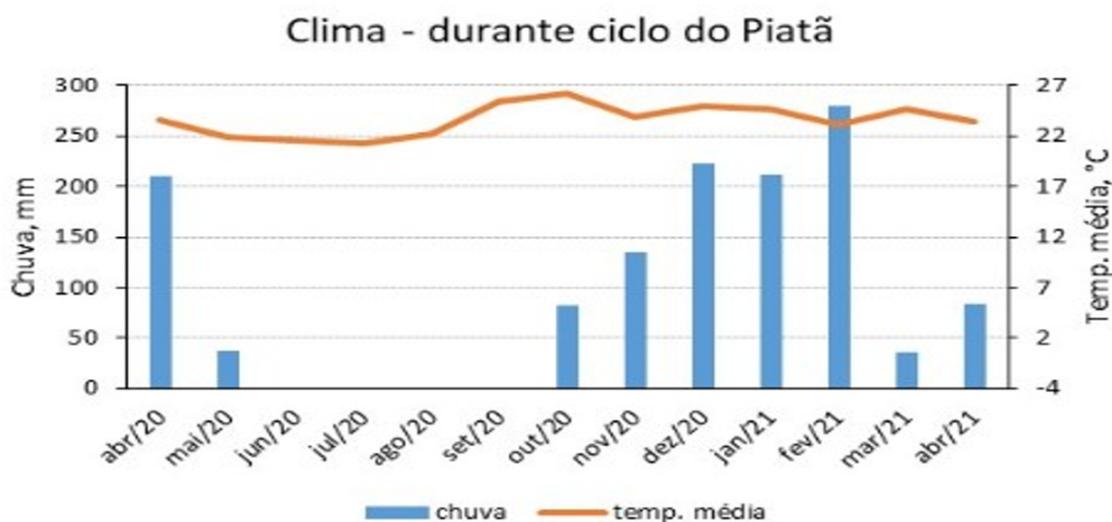


Figura 12. Precipitação e temperatura média mensal durante o ciclo do Piatã (abril de 2020 a abril de 2021). Precipitação total (abr./2020 a abr./2021) = 1.298 mm

A precipitação total durante o ciclo do piatã foi de 1.298 mm, valor suficiente para um bom desenvolvimento do pasto. Entretanto, a partir da retirada das culturas, que ocorreu em março de 2020, o capim piatã não apresentou um estande de plantas satisfatório, o que demandou realizar o replantio do capim, que foi feito em 27/11/2020. O espaçamento utilizado foi de 0,23 m entre linhas e a densidade de plantio foi de 13,25 kg ha⁻¹ de sementes de piatã, com adubação a lanço feita pela Hercules 10000, aplicando-se 200 kg ha⁻¹ do formulado 11-33-11 + 30 FTE BR12.

Em 07/01/2021 foi realizada a pulverização (autopropelido Arruda) no eucalipto com Decis, na dose 300 ml ha⁻¹ em 200 L ha⁻¹ de calda, para controle do besouro-amarelo-do-eucalipto (*Costalimaita ferruginea*).

Em 15/01/2021 foi realizada a avaliação do estande do piatã, e em 18/02/2021 foi feita a adubação de cobertura, com aplicação a lanço de 250 kg ha⁻¹ do formulado 20-00-20.

Em 22/03/2021 foram abertas 12 trincheiras em seis parcelas (2, 4, 7, 10, 13 e 14) até a profundidade de 1 m, além de tradagens em pontos determinados conforme o protocolo CCN (Alves et al., 2015) a ser implantado no ensaio de ILPF. As amostras de solo foram enviadas para análise na Universidade Federal de Viçosa (Fertilidade) e na Embrapa Milho e Sorgo (Análise de C a 1.200 °C).

Em 30/04/2021 foi realizada a adubação nas plantas de eucalipto, com aplicação de 150 g de MAP + 50 g de KCl + 22 g de FTE BR10 por planta.

Foram medidas as alturas de 20% das árvores utilizando-se um Clinômetro digital Haglöf. Mensurou-se a circunferência da altura do peito CAP (cm) de todas as árvores contidas nas linhas com uma fita métrica, e o valor do DAP foi determinado pelo cálculo CAP/π . Ademais, cada árvore foi qualificada quanto à situação do fuste. Para a estimativa hipsométrica foi usado o seguinte modelo, por apresentar melhor estatística de precisão:

$$\text{LnH} = \beta_0 + \beta_1 * 1/\text{DAP} + \varepsilon$$

Onde: H é a altura total observada (m); DAP é o diâmetro das árvores a 1,30 m (cm); $\beta_0 = 3,9866$ e $\beta_1 = -11,8102$ são parâmetros do modelo; ε é o erro aleatório.

Para determinação dos volumes das árvores, foi utilizado um fator de forma de 0,47, sendo:

$$V = (\pi * \text{DAP}^2 / 40000) * \text{Ht} * 0,47$$

Onde V = volume com casca total (m³); DAP = diâmetro a 1,30 m (cm); Ht = altura total (m).

O processamento dos dados englobou a estimação do volume individual e total com casca, das árvores; o cálculo das variáveis do povoamento (média de DAP (cm)); a altura total média (m); o número de árvores por hectare; o volume médio individual (m³); e o volume médio por hectare (m³/ha).

Observou-se uma estabilização na taxa de mortalidade das plantas e um bom desenvolvimento das árvores do sistema (Tabela 8). Sabe-se que, nos dois primeiros anos de desenvolvimento das árvores de *Eucalyptus*, a maior concentração de energia é para produção de biomassa radicular, além de galhos e folhas. A partir dessa fase, espera-se um maior ganho de produção de madeira.

Tabela 8. Resultados do inventário florestal aos 21 meses.

Variável	Valor
Média volumétrica individual (m ³)	0,0214
Desvio padrão (m ³ /ha)	0,37
Volume total em 15 ha (m ³)	49,94
Volume total/ha (m ³ /ha)	3,33
IMA (m ³ /ha/ano)	1,73
Média de DAP (cm)	9,13
Diâmetro quadrático (q, em cm)	9,23
Área basal (m ² /ha)	1,04
Média de altura (m)	6,67
Nº de árvores (ha)	155 (15% de mortalidade)

Verifica-se que o crescimento das árvores de eucalipto implantadas no ILPF ficou dentro das métricas esperadas. A forma dos fustes, distribuição de galhos nas copas e relação hipsométrica (DAP x altura) estão adequadas para o espaçamento e a idade do componente florestal (Gonçalves et al., 2013). A produção total de madeira da área é penalizada pela alta taxa de falhas de plantio (mortalidade até dois anos), que foi superior à taxa média aceita (< 10%). Observou-se um ataque da praga *Costalimaita ferrugínea*, que foi controlada após o diagnóstico.

Análise da nutrição do eucalipto

Em 10 de fevereiro de 2020 foi realizada a amostragem foliar no eucalipto, com coleta de 80 folhas por linha (15 linhas), sendo 40 folhas para cada clone (A e B). As coletas foram realizadas ao longo de todo o comprimento da linha (400 m), sendo coletados cinco pontos em cada linha e para cada clone. Com isso foram geradas 15 amostras por clone, cada uma contendo 40 folhas que foram secas em estufa a 65 °C por 72 horas, e posteriormente foram enviadas para o laboratório para análise dos teores de macro e micronutrientes foliares.

Nas Tabelas 9 e 10 encontra-se a estatística descritiva dos resultados da diagnose nutricional do eucalipto.

Tabela 9. Teores foliares de macronutrientes do eucalipto. Fevereiro de 2019.

Estadística	N	P	K	Ca	Mg	S
Clone A						
Média (dag kg ⁻¹)	2,83	0,21	1,44	0,85	0,23	0,22
Mínimo (dag kg ⁻¹)	1,78	0,19	1,31	0,7	0,2	0,19
Máximo (dag kg ⁻¹)	3,48	0,24	1,61	1,01	0,27	0,24
Desv Pad	0,49	0,01	0,09	0,09	0,02	0,01
CV (%)	17,39	6,72	6,26	10,12	8,27	6,38
Clone B						
Média (dag kg ⁻¹)	2,83	0,2	1,01	1,13	0,33	0,19
Mínimo (dag kg ⁻¹)	2,4	0,17	0,83	0,93	0,3	0,16
Máximo (dag kg ⁻¹)	3,25	0,22	1,13	1,27	0,35	0,21
Desv Pad	0,26	0,02	0,08	0,1	0,02	0,01
CV (%)	9,15	9,34	7,95	9,13	4,83	5,82

Tabela 10. Teores foliares de micronutrientes do eucalipto. Fevereiro de 2019.

Estadística	Cu	Fe	Zn	Mn	B
Clone A					
Média (mg kg ⁻¹)	14,28	52,45	19,57	46,63	56,86
Mínimo (mg kg ⁻¹)	12,3	34,24	15,53	30,32	36,23
Máximo (mg kg ⁻¹)	15,82	143,17	33,75	57,81	78,13
Desv Pad	0,91	29,62	4,73	8,51	13,04
CV (%)	6,37	56,48	24,18	18,25	22,93
Clone B					
Média (mg kg ⁻¹)	13,9	47,89	16,89	57,96	75,25
Mínimo (mg kg ⁻¹)	2,2	33,54	13,09	38,48	56,01
Máximo (mg kg ⁻¹)	18,8	63,15	22,52	75,97	98,46
Desv Pad	3,55	8,77	2,32	9,73	12,63
CV (%)	25,53	18,31	13,72	16,79	16,78

Os dados evidenciam uma boa nutrição dos macronutrientes para os dois clones, com teores médios dentro da faixa considerada adequada (Martinez et al., 1999), à exceção do Mg. Quanto aos micronutrientes, os dois clones apresentaram deficiência em Fe, Zn e Mn, sendo realizadas adubações posteriores (julho de 2019 e abril de 2021) para tentar corrigir esses problemas.

A partir de abril de 2021, foi iniciado o manejo da área nos preceitos do protocolo Carne Carbono Neutro (CCN), passando a ser denominada Unidade de Referência Tecnológica-URT CCN.

Uma primeira amostragem de solo foi realizada para monitoramento da fertilidade e estoque de C nos solos, e a confecção de cercas e aguadas foi realizada em 31/05/2021, para iniciar o manejo com animais no sistema. Foram formados três blocos independentes de 5 ha (cinco renques), com cerca fixa e eletrificada, nos quais há uma divisão com cerca elétrica móvel em cada um destes blocos. Em 08/06/2021 foi realizada a entrada do gado com três lotes de 15 animais Nelore, com peso médio inicial de 6,9 arrobas, sendo cada lote alocado permanentemente em um bloco. Cada bloco foi dividido ao meio (com cerca elétrica) no sentido de se ter dois piquetes por bloco e realizar o manejo alternado de animais (um lote por bloco). Tomando por base essa configuração, após a alocação das cercas e bebedouros, três lotes de animais (20 animais cada) foram colocados para realizar um pastejo de rebaixamento e uniformização na área (Figuras 14 e 15). A carga média de cada lote ficou em 1.680 kg pastejando áreas de 2,5 hectares.

Foto: Flávia Cristina dos Santos



Figura 14. Visão geral da área de ILPF com o gado. Foto: Allan Figueiredo (10/06/2020).

Foto: Flávia Cristina dos Santos



Figura 15. Lote de animais em um dos blocos da área de ILPF da Fazenda Trijunção realizando o pastejo de uniformização da área em junho de 2021.

Safra 2021/2022

A condição climática durante o período de maio de 2021 a abril de 2022 encontra-se na Figura 16, com dados de temperatura média apenas até novembro de 2021 por causa de problemas na estação meteorológica da fazenda. Destaca-se o alto volume de chuva no período, total de 1.753 mm, valor acima das outras safras, e inclusive maior que a média histórica da região, que é de 1.179 mm, em razão do efeito “La Niña”.

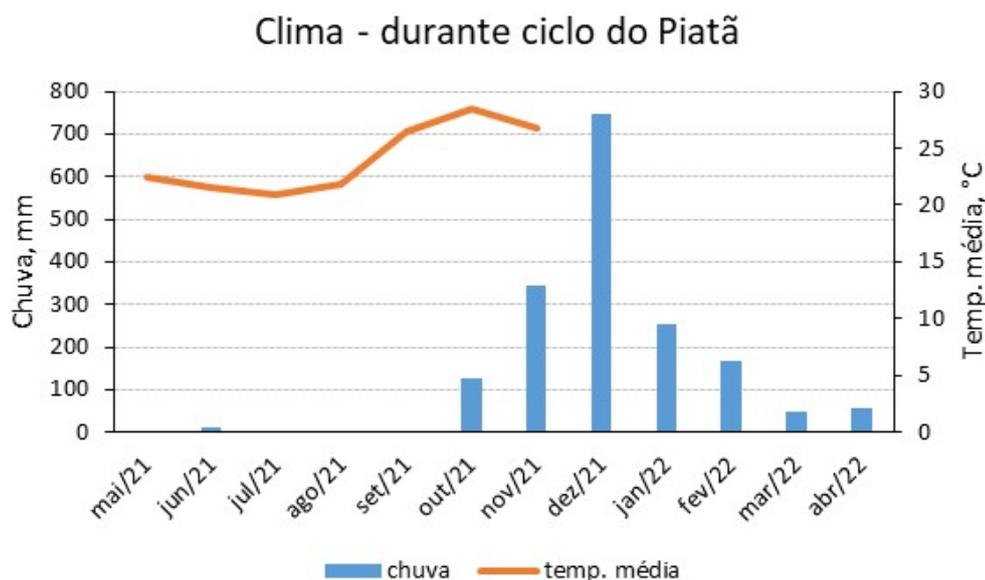


Figura 16. Pluviosidade mensal durante o ciclo das culturas. Safra 2021/2022.

A Unidade de Referência Tecnológica começou a ser monitorada sob pastejo em novembro de 2021. Utilizaram-se como animais tester 45 Nelores advindos do T12 (CBC). Esses animais foram nesse primeiro ano divididos em dois lotes e manejados de forma intermitente entre os piquetes dos blocos 2 e 3. O bloco 1, em função de um replantio do piatã na parcela 2, não recebeu os animais para avaliação. Este bloco só foi pastejado para manter a estrutura da vegetação.

As médias de altura do pasto nas áreas CCN foram monitoradas no sentido de tentar manter o pasto o mais próximo possível da amplitude recomendada para o manejo do capim-piatã.

Em 07 e 08/12/2021 foi realizada a adubação nas plantas de eucalipto, com aplicação de 15 g de FTE BR10 e 250 g de KCl por planta.

Resultados da URT CCN

Em alguns momentos (novembro a janeiro) foi possível observar um estiolamento do capim, que é comum neste tipo de forrageira em áreas de ILPF, em função do sombreamento e da competição por luz entre plantas, que pode se estabelecer em alguns momentos de desenvolvimento das plantas. Esse fato pode inclusive ajudar a explicar a menor massa de forragem observada no mês de janeiro (Tabela 11). Com exceção do observado no mês de janeiro no bloco 2, a cobertura do solo permaneceu sempre acima dos 70%, de acordo com o recomendado nas diretrizes CCN para forrageiras cespitosas (Alves et al., 2015).

Tabela 11. Variáveis relativas ao monitoramento do pasto ao longo do primeiro ano de condução da Unidade de Referência Tecnológica (URT CKN): cobertura do solo (%) e forragem disponível (kg ha⁻¹ MS).

Mês/ano	Bloco 1		Bloco 2		Bloco 3	
	Cobertura	Forragem	Cobertura	Forragem	Cobertura	Forragem
Agosto/2021	77±13,9	1.653±660	83±10,6	1.670±478	87±9,65	2.140±462
Novembro/2021	84±9,62	2.006±452	85±10,6	1.847±418	90±7,68	1.920±394
Janeiro/2022	80±12,6	1.880±553	67±15,4	1.583±350	76±10,8	1.800±429
Mai/2022	90±5,06	2.433±412	80±13,3	2.358±692	85±9,07	2.513±546

Valores médios para os três blocos nas épocas de amostragem.

Os dados médios dos lotes de animais do primeiro ano de condução da URT foram compilados na Tabela 12.

Tabela 12. Desempenho animal ao longo do primeiro ano de condução da Unidade de Referência Tecnológica, nos pastos sob manejo CKN.

Bloco 2			Bloco 3		
2021-2022					
Peso Vivo médio (kg)		GMD	Peso Vivo médio (kg)		GMD
Inicial	Final	(g d ⁻¹)	Inicial	Final	(g d ⁻¹)
220±6,93	365±10,53	630±128	221±6,97	369±13,66	650±147

Valores médios, por talhão, nas épocas de amostragem seguidos pelo desvio padrão.

Observa-se que os animais dos dois blocos tiveram um comportamento muito parecido no período de novembro 2021 a junho de 2022. Os ganhos médios são condizentes com uma pastagem de forrageira tropical perene, mas vale destacar que os ganhos individuais em janeiro e em maio estiveram entre 1 kg e 800 g por animal dia⁻¹, respectivamente. Ambos os lotes ganharam cerca de 140-148 kg no pasto. Foram encaminhados para confinamento em 21/06/2022. Estima-se que estes animais cheguem ao peso de abate de 510-520 kg de forma a não extrapolar no confinamento o ganho obtido no pasto.

Neste primeiro ano do sistema de ILPF foi possível trabalhar com uma taxa de lotação equivalente a 1,98 UA ha⁻¹ de forma a equacionar o crescimento do pasto com o manejo preconizado para o capim-piatã.

Resultados do eucalipto

Na safra 2021/2022 foram realizados o segundo e o terceiro inventário do *Eucalyptus*.

O segundo censo florestal foi realizado aos 30 meses (maio de 2021) e o terceiro aos 38 meses (fevereiro de 2022), em que foram medidas as alturas das mesmas árvores medidas no primeiro censo (20% das árvores utilizando um Clinômetro digital Haglöf). Mensurou-se o CAP (cm) de todas as árvores contidas nas linhas com uma fita métrica, e o valor do DAP foi determinado pelo cálculo CAP/π . Cada árvore foi requalificada quanto à situação do fuste. Para a estimativa hipsométrica e volumétrica foram utilizadas as mesmas equações utilizadas no ano anterior.

Entre as três medições iniciais não foram observados novos casos de mortalidade de árvores, mantendo-se a taxa média de 15%, relacionadas às falhas de plantio. Na última medição, quando o *Eucalyptus* estava com pouco mais de três anos de idade, pôde-se observar uma aceleração na taxa de crescimento das árvores, resultando em um aumento no incremento de madeira, conforme esperado (Tabela 13).

Tabela 13. Resultados dos inventários florestais aos 30 e 38 meses.

Variável	Idade (Meses)	
	30	38
Média volumétrica individual (m ³)	0,0594	0,0991
Desvio padrão (m ³ /ha)	0,74	1,28
Volume total 15 ha (m ³)	138,32	231,37
Volume total/ha (m ³ /ha)	9,22	15,42
IMA (m ³ /ha/ano)	3,43	4,59
Média de DAP (cm)	12,37	15,12
Diâmetro quadrático (q, em cm)	12,49	15,24
Área basal (m ² /ha)	1,89	2,82
Média de altura (m)	10,11	11,43
N° de árvores (ha)	155	155

Observou-se o avanço no crescimento diamétrico das árvores ao longo dos meses de medição, sendo que, aos 38 meses, 95% dos diâmetros das árvores no centro de classe são de 13 a 17 cm; 60% dos DAP estão no centro de classe de 15 cm e mais de 20% dos diâmetros estão acima de 15 cm (Figura17).

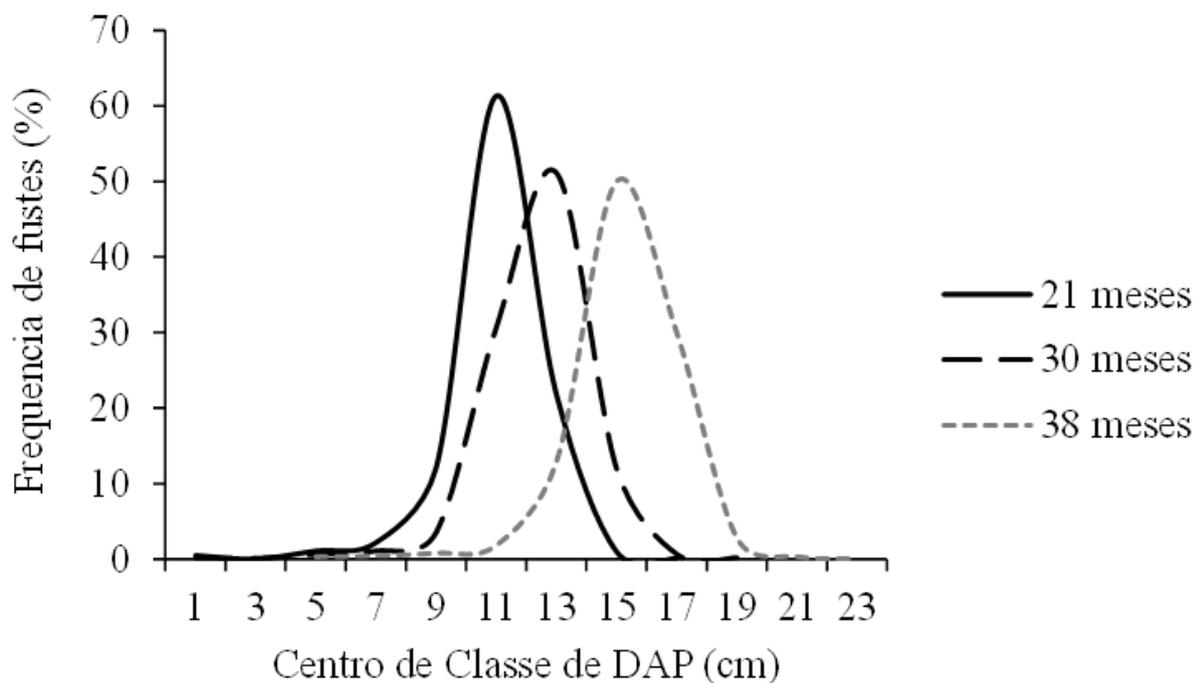


Figura 17. Frequência de fustes por classe de DAP (cm) aos 21, 30 e 38 meses de desenvolvimento do *Eucalyptus* em sistema ILPF.

Quanto à situação do fuste, 2,4% da população possui bifurcação abaixo de 1,30 m aos 38 meses. As árvores sem bifurcações, inclinações ou tortuosidades foram consideradas normais, estas representaram 77,4% da população. As árvores com bifurcação acima do DAP representam 3,3% da população. Na Figura 18 é possível observar o aspecto geral dos fustes e do eucalipto.

Foto: Flávia Cristina dos Santos



Foto: Flávia Cristina dos Santos



Figura 18. Aspecto geral dos fustes e das árvores de eucalipto. Março de 2022.

Evolução da fertilidade do solo

Os atributos da fertilidade do solo encontram-se nas Figuras 19 a 22 e na Tabela 14. De maneira geral, houve melhoria dos atributos químicos, com aumento do pH, fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S) disponíveis, cálcio mais magnésio trocáveis (Ca+Mg), saturação por bases (V) e micronutrientes, à exceção do Fe, em relação à área de Cerrado, que pode ser considerada como época inicial (Figuras 19 a 22), ou controle. Nota-se a redução na acidez potencial (H+Al) na área do ILPF em relação ao Cerrado (Figura 23). Avaliando-se a evolução da fertilidade na área do ILPF, ao longo das épocas de amostragem (novembro de 2019 a abril de 2022) percebe-se uma oscilação nos valores dos atributos químicos, com uma queda da fertilidade nas épocas de abril de 2020 e abril de 2021 em relação a novembro de 2019, nas três profundidades avaliadas, e aumento na época de abril de 2022, principalmente do P, K e V%, por causa das adubações realizadas na área e do efeito residual do P, mas sem superar a época de novembro de 2019. Além das adubações, esta dinâmica de nutrientes no solo se deve à extração e exportação de nutrientes pelas culturas que foram cultivadas na área, bem como reflete o baixo poder tampão e CTC do solo arenoso, em que as oscilações na disponibilidade dos nutrientes são frequentes.

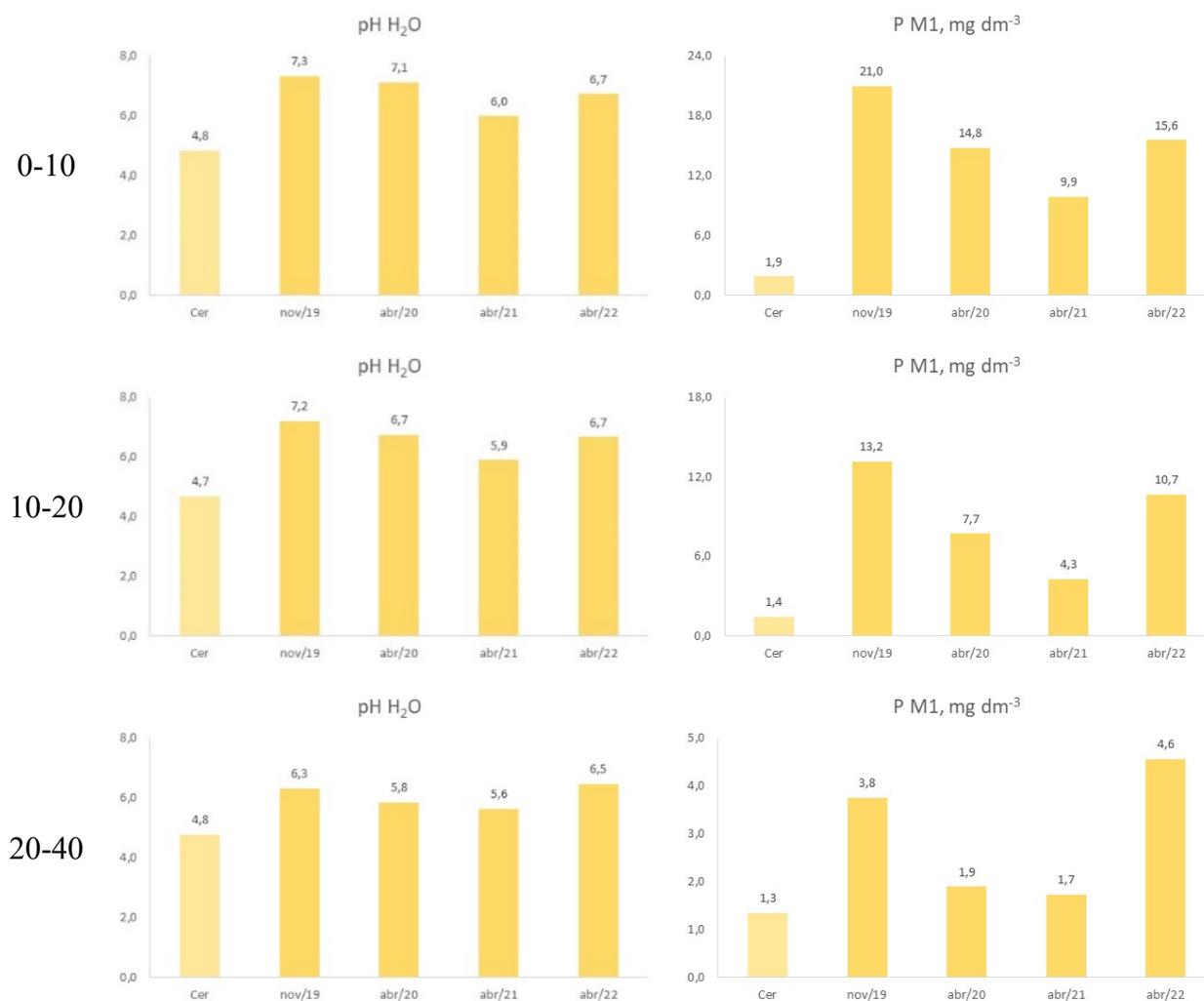


Figura 19. pH e P disponível nas diferentes profundidades de solo e épocas de amostragem (Cer = época 0).

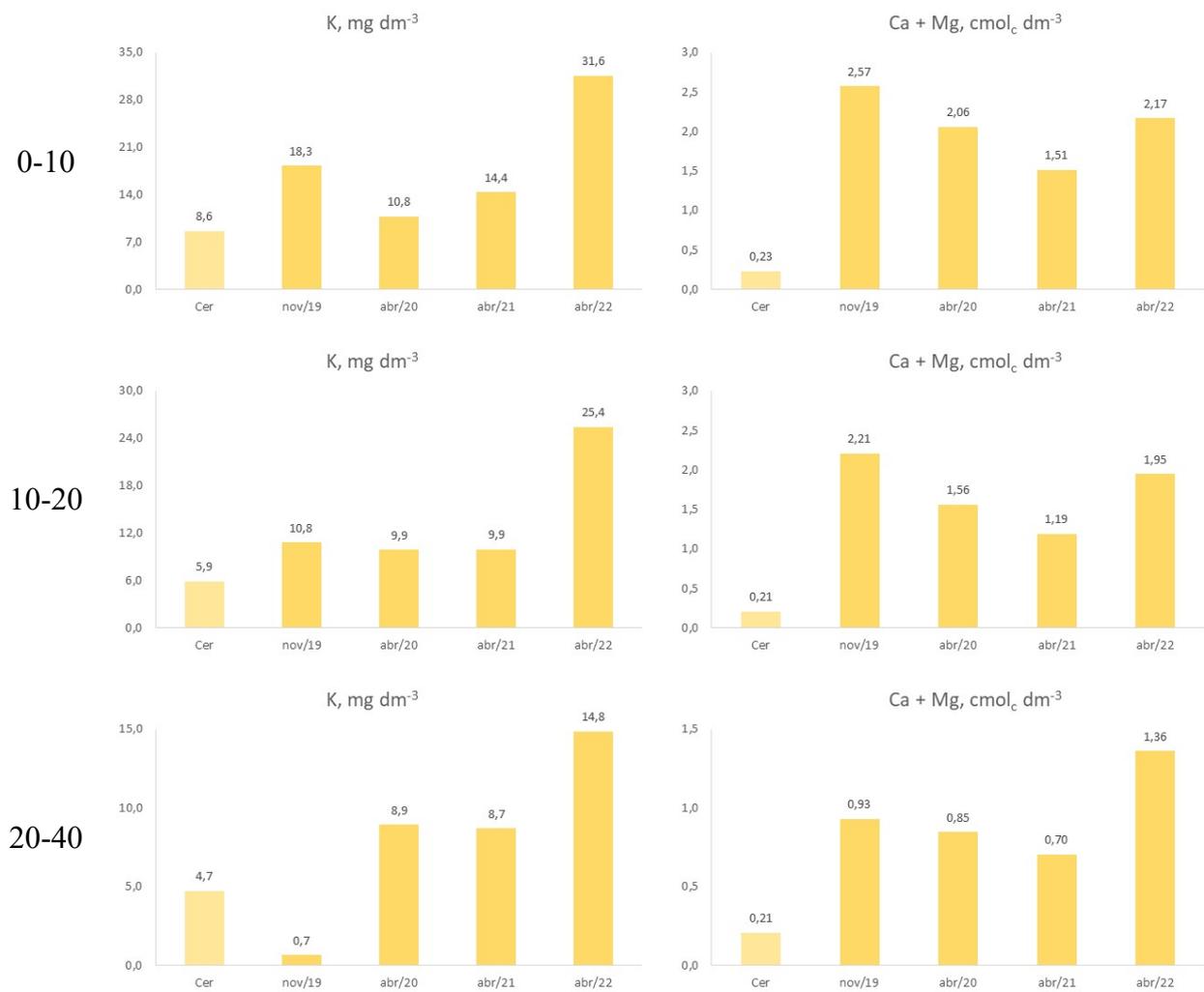


Figura 20. K disponível e Ca+Mg trocáveis nas diferentes profundidades de solo e épocas de amostragem (Cer = época 0).

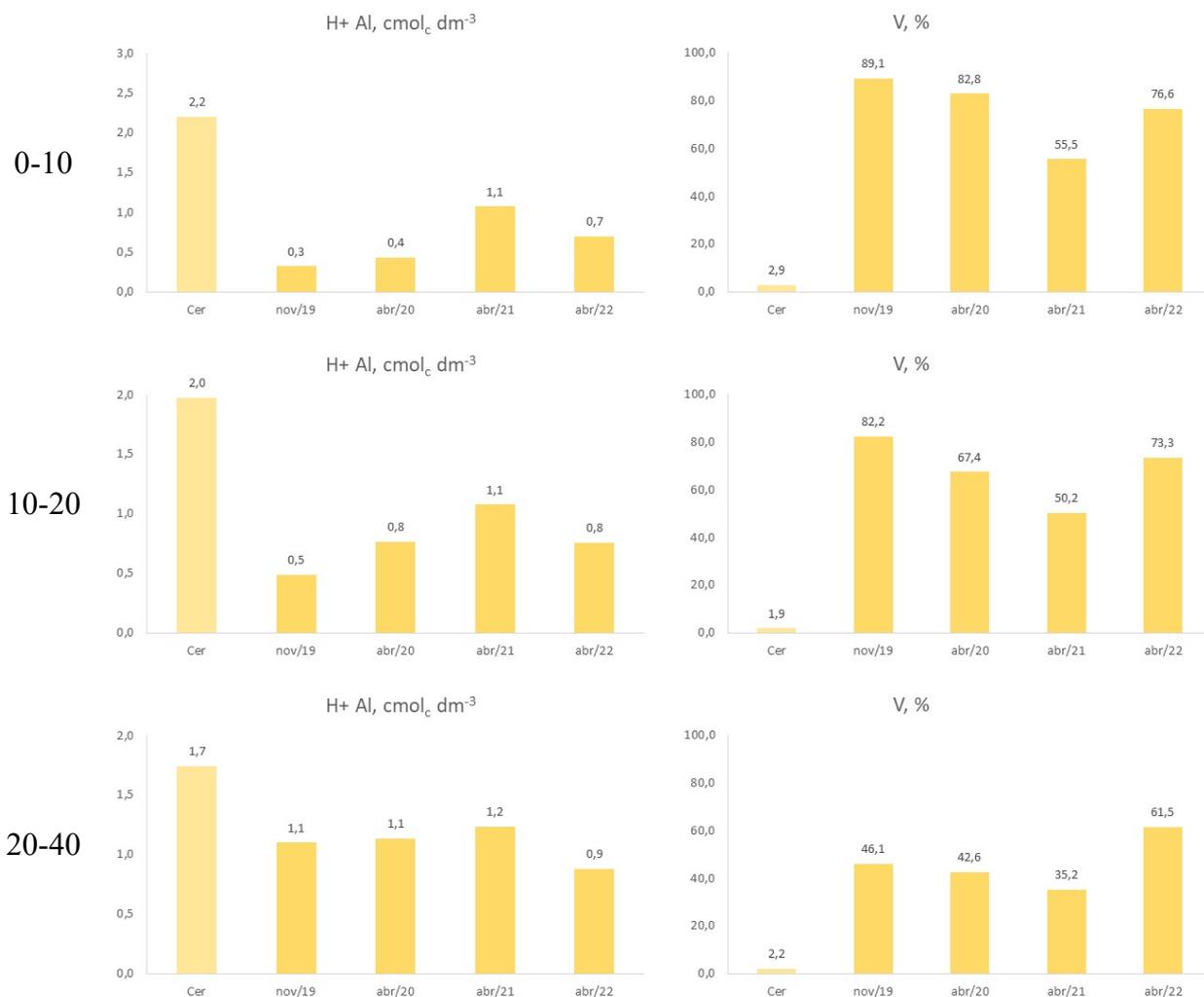


Figura 21. Acidez potencial (H+Al) e saturação por bases (V) nas diferentes profundidades de solo e épocas de amostragem (Cer = época 0).

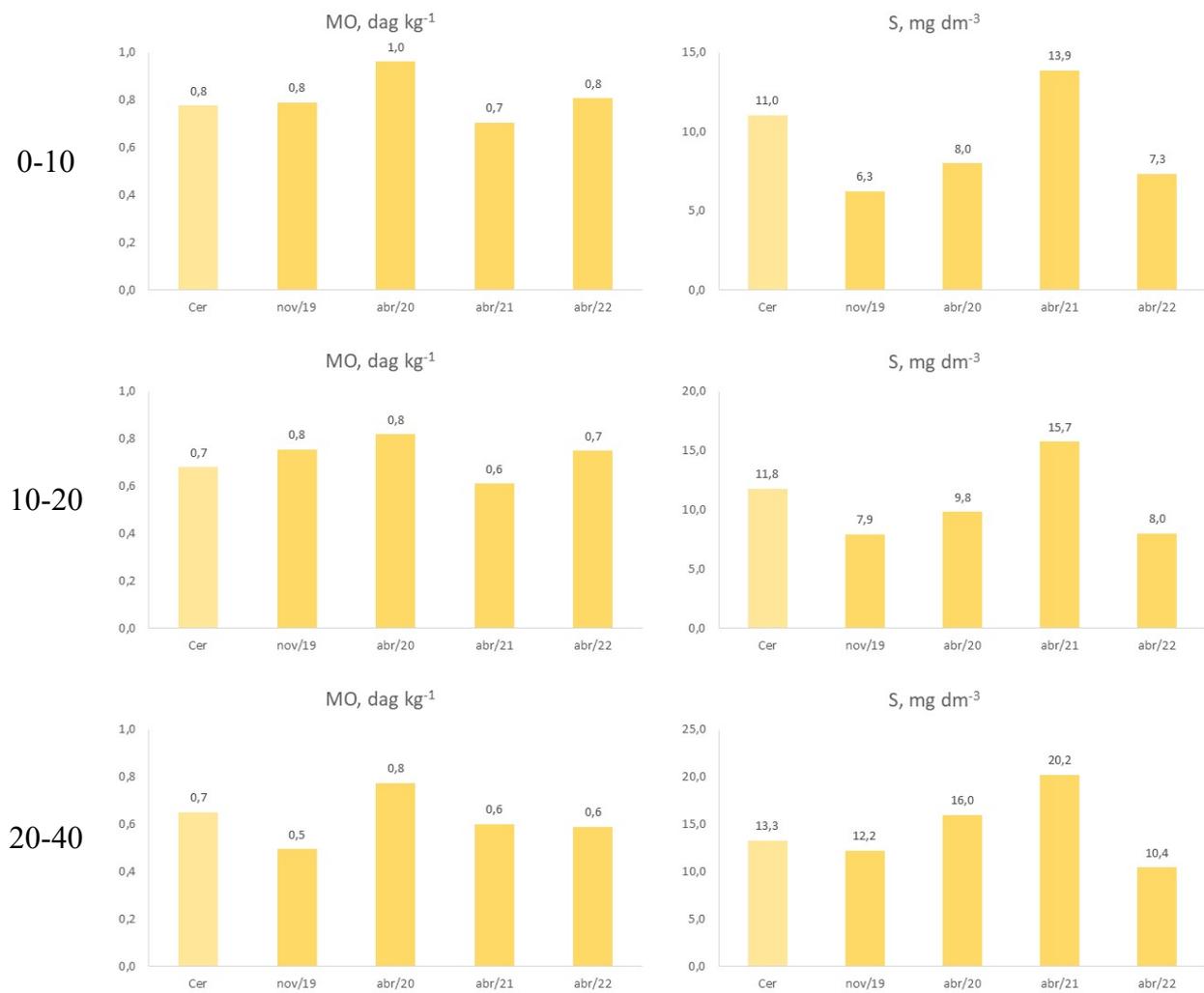


Figura 22. Matéria orgânica (MO) e S disponível nas diferentes profundidades de solo e épocas de amostragem (Cer = época 0).

Tabela 14. Disponibilidade de micronutrientes nas diferentes profundidades de solo e épocas de amostragem (Cer = época 0).

Prof	Época	B	Cu	Mn	Fe	Zn
cm	mês/ano	-----mg dm ⁻³ -----				
0-10	Cer	0,33	0,06	1,21	68,15	0,24
	nov/19	0,09	0,06	2,28	28,87	0,94
	abr/20	0,25	0,27	2,11	23,68	1,30
	abr/21	0,36	0,10	1,76	39,75	0,76
	abr/22	0,23	0,16	2,32	34,47	1,62
10-20	Cer	0,30	0,04	0,61	75,14	0,20
	nov/19	0,09	0,03	1,51	28,86	0,79
	abr/20	0,33	0,23	1,01	31,75	0,86
	abr/21	0,36	0,13	0,88	46,77	0,43
	abr/22	0,23	0,14	1,86	42,16	1,50
20-40	Cer	0,28	0,02	0,54	61,26	0,17
	nov/19	0,08	0,01	0,53	37,95	0,55
	abr/20	0,29	0,17	0,62	34,85	0,66
	abr/21	0,34	0,11	0,46	45,89	0,26
	abr/22	0,24	0,10	0,97	48,96	0,59

Considerando os valores de referência para atributos do solo na região do Cerrado, na camada de 0-20 cm de profundidade, acima dos quais se admite a condição de fertilidade construída (Tabela 15), e realizando uma média das camadas de 0-10 cm e 10-20 cm de solo que foram avaliadas nesse trabalho, percebe-se que os atributos na área do ILPF estão abaixo da referência, considerando a última época amostrada (abril de 2022) (Figuras 19 a 22 e Tabela 14). Entretanto, esses valores se relacionam a sistemas de produção, que envolvem essencialmente culturas graníferas e fibrosas, mais exigentes em fertilidade do solo e, desde a safra 2020/2021, estabeleceu-se o capim-piatã na área, menos exigente em fertilidade do solo em relação às outras culturas.

Tabela 15. Valores de referência para atributos do solo na região do Cerrado, na camada de 0-20 cm de profundidade, acima dos quais se admite a condição de fertilidade construída. Fonte: Adaptado de Sousa e Lobato (2004).

Argila	MO	P	K	Ca+Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	V
dag kg ⁻¹	---mg dm ⁻³ ---			cmol _c dm ⁻³	-----mg dm ⁻³ -----					%
< 15	1,0	25,0	40,0							
16-35	2,0	20,0		3,4	9,0	0,5	0,8	5,0	1,6	50,0
36-60	3,0	12,0	80,0							
> 60	3,5	6,0								

Avaliando os valores de referência para a *B. brizantha* cv. Piatã (Tabela 16), o valor médio ao longo das datas avaliadas de P (cerca de 12 mg dm⁻³ na camada de 0-20 cm de solo) (Figura 19) está adequado (Tabela 16), bem como a soma de Ca e Mg (Figura 20), saturação por bases (Figura 21), e enxofre disponível (Figura 22). Já o K encontra-se com valores abaixo dos de referência (Figura 22). Esse resultado do K reflete a baixa CTC do solo e, conseqüentemente, a baixa capacidade de retenção desse nutriente, que é mais móvel no solo, o que dificulta o seu acúmulo.

Tabela 16. Valores de referência para atributos do solo na região do Cerrado, na camada de 0-20 cm de profundidade, acima dos quais se admite a condição de fertilidade construída para pastagens exigentes. Fonte: Adaptado de Martha Júnior et al. (2007).

Argila	P	K	Ca+Mg	S*	V
dag kg ⁻¹	---mg dm ⁻³ ---	dag kg ⁻¹	cmol _c dm ⁻³	mg dm ⁻³	%
< 15	> 11,0	40			
16-35	> 9,0		1,5	> 10	40-45
36-60	> 5,0	50			
> 60	> 2,5				

*S: 0-40 cm

Considerações finais

Pelos resultados apresentados, considerando o rendimento das culturas, da pastagem, do eucalipto, da lotação animal e evolução da fertilidade do solo, recomenda-se a introdução do sistema ILPF como estratégia para intensificação sustentável em solos arenosos.

Recomenda-se o constante monitoramento da fertilidade do solo nas condições de solo arenoso, que implica maior oscilação nos atributos químicos, dado seu baixo poder tampão e CTC do solo.

Agradecimentos

À Fazenda Trijunção pelo apoio e financiamento das pesquisas.

À Embrapa pelo apoio financeiro e humano por meio do Projeto SEG 30.18.00.022.00.00: Intensificação agrícola visando à sustentabilidade do uso de solos arenosos - Projeto Trijunção.

À Universidade Federal de São João del-Rei pela parceria.

À Faped pela gestão administrativa do projeto.

Referências

ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; LASCANO, R.; CALDERÓN, F.; BOOKER, J. D.; ZOBECK, T. M.; UPCHURCH, D. R. Dryland cropping systems influence the microbial biomass and enzyme activities in a semiarid sandy soil. **Biology and Fertility of Soils** v. 47, p. 655-667, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00374-011-0565-1>

ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; VIANA, J. H. M.; FRANCELINO, M. R.; THOMAZINI, A.; SANTANA, D. P.; SANTOS, F. C. **Caracterização pedológica da área do Projeto Trijunção no Oeste da Bahia, Região do Matopiba**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 63 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 217).

ALBUQUERQUE, P. E. P.; GUIMARÃES, D. P.; VIANA, J. H. M.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; SANTOS, F. C. **Caracterização do balanço hídrico climatológico decenal na Fazenda Santa Luzia, município de Jaborandi, BA**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 14 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 242).

ALMEIDA, R. G.; COSTA, J. A. A.; KICHEL, A. N.; ZIMMER, A. H. **Taxas e métodos de semeadura para *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã em safrinha**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2009. 12 p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado Técnico, 113).

ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A. (ed.). **Carne carbono neutro: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2015. 32 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 210).

AMADOR, J. A.; GLUCKSMAN, A. M.; LYONS, J. B.; GORRES, J. H. Spatial distribution of soil phosphatase activity within a riparian forest. **Soil Science**, v. 162, n. 11, p. 808-825, 1997.

ANDRADE, S. A. L.; SILVEIRA, A. P. D. da. Biomassa e atividade microbianas do solo sob influência de chumbo e da rizosfera da soja micorrizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 12, p. 1191-1198, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004001200005>

BAKER, L. R.; WHITE, P. M.; PIERZYNSKI, G. M. Changes in microbial properties after manure, lime, and bentonite application to a heavy metal-contaminated mine waste. **Applied Soil Ecology**, v. 48, n. 1, p. 1-10, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.02.007>

BALASHOV, E.; KREN, J.; PROCHAZKOVA, B. Influence of plant residue management on microbial properties and waterstable aggregates of two agricultural soils. **International Agrophysics**, v. 24, n. 1, p. 9-13, 2010.

BALOTA, E. L.; NOGUEIRA, M. A.; MENDES, I. C.; HUNGRIA, M.; FAGOTTI, D. S. L.; MELO, G. M. P.; SOUZA, R. C.; MELO, W. J. de. Enzimas e seu papel na qualidade do solo. In: ARAÚJO, A. P.; ALVES, B. J. R. (ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. v. 8. p. 189-249.

CARVALHO, W. T. V.; MINIGHIN, D. C.; GONÇALVES, L. C.; VILLANOVA, D. F. Q.; MAURICIO, R. M.; PEREIRA, R. V. G. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: revisão. **Pubvet**, v. 11, n. 10, p. 947-1073, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.22256/PUBVET.V11N10.1036-1045>

DAROIT, D. J. **Caracterização de uma beta-glicosidase de *Monascus purpureus***. 2007. 137 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/11735/000595948.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2022.

DIAS-FILHO, M. B. **Formação e manejo de pastagens**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2012. 9 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 235).

DICK, R. P.; BREACKWELL, D. P.; TURCO, R. F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 247-271. (SSSA. Special Publication, 49).

DODOR, D.; TABATABAI, A. Effect of cropping systems of phosphatases in soils. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 166, n. 1, p. 7-13, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.200390016>

DORODNIKOV, M.; BLAGODATSKAYA, E.; BLAGODATSKY, S.; MARHAN, S.; FANGMEIER, A.; KUZYAKOV, Y. Stimulation of microbial extracellular enzyme activities by elevated CO₂ depends on soil aggregate size. **Global Change Biology**, v. 15, n. 6, p. 1603-1614, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01844.x>

FERNANDES, M. F.; BARRETO, A. C.; MENDES, I. C.; DICK, R. P. Short-term response of physical and chemical aspects of soil quality of a kaolinitic Kandudalfs to agricultural practices and its association with microbiological variables. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 142, n. 3/4, p. 419-427, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.07.002>

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (ed.). **Fundamentos da matéria orgânica no solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 159-168.

GONÇALVES, J. L. M.; ALVARES, C. A.; HIGA, A. R.; SILVA, L. D.; ALFENAS, A. C.; STAHL, J.; FERRAZ, S. F. B.; LIMA, W. P.; BRANCALION, P. H. S.; HUBNER, A.; BOUILLET, J. P. D.; LACLAU, J. P.; NOUVELLON, Y.; EPRON, D. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 301, n. 1, p. 6-27, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.030>

GREEN, V. S.; STOTT, D. E.; CRUZ, J. C.; CURTI, N. Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a Brazilian Cerrado Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 92, n. 1/2, p. 114-121, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.01.004>

HIBBS, J. B.; TAINTOR, R. R.; VAVRIN, Z.; RACHLIN, E. M. Nitric oxide: a cytotoxic activated macrophage effector molecule. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 157, n. 1, p. 87-94, 1988. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-291X\(88\)80015-9](https://doi.org/10.1016/S0006-291X(88)80015-9)

HILL, G.; MITKOWSKI, N.; ALDRICH-WOLFE, L.; EMELE, L.; JURKONIE, D.; FICKE, A.; ALDONADO-RAMIREZ, S.; LYNCH, S.; NELSON, E. Methods for assessing the composition and diversity of soil microbial communities. **Applied Soil Ecology**, v. 15, n. 1, p. 25-36, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00069-X](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00069-X)

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 79, n. 1, p. 9-16, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00145-0](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00145-0)

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 1, p. 1-13, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.08.020>

KICHEL, A. N.; COSTA, J. A. A. da; ALMEIDA, R. G. de; PAULINO, V. T. Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPP)-experiência no Brasil. **Boletim de Indústria Animal**, v. 71, n. 1, p. 94-105, 2014.

KIZILKAYA, R.; BAYRAKLI, B. Effects of N-enriched sewage sludge on soil enzyme activities. **Applied Soil Ecology**, v. 30, n. 3, p. 192-202, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.02.009>

MARCHÃO, R. L.; VILELA, L.; SANTOS JÚNIOR, J.; SÁ, M. A. C. de; BERGAMASCHI, L. C.; BORTONCELLO, L. R. **Impacto de sistemas agrícolas nos atributos físicos, químicos e macrofauna num Latossolo do oeste baiano**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 30 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 228).

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ VENEGAS, V. H. (ed.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 143-168.

MEGDA, M. M. **Formas de nitrogênio e doses de potássio no capim-marandu**: atributos morfológicos, produtivos, nutricionais e bioquímicos e transformações do nitrogênio em um Neossolo. 2013. 119 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2013.

MELO, W. J.; MELO, G. P.; ARAÚJO, A. S. F.; MELO, V. P. Avaliação da atividade enzimática em amostras de solo. In: FIGUEIREDO, M. B. V.; BURITY, H. A.; OLIVEIRA, J. P.; SANTOS, C. E. R.

S.; STANFORD, N. P. (ed.). **Biotecnologia aplicada à agricultura**: textos de apoio e protocolos experimentais. Brasília, DF: Embrapa, 2010. v. 1. p. 153-187.

MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G.; DANTAS, O. D.; LOPES, CASTRO, A. A. de; REIS JUNIOR, F. B. dos; OLIVEIRA, M. I. L.; CHAER, G. M. Soil quality and grain yield: a win-win combination in clayey tropical oxisols. **Geoderma**, v. 388, 114880, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114880>

MONCADA, S.; HIGGS, E. A. Endogenous nitric oxide: physiology, pathology and clinical relevance. **European Journal of Clinical Investigation**, v. 21, n. 4, p. 361-374, 1991.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2362.1991.tb01383.x>

NASCIMENTO, D.; VENDRUSCOLO, M. C.; DALBIANCO, A. B.; DANIEL, D. F. Produtividade de capim Paiaguás sob doses de nitrogênio e cortes. **Pubvet**, v. 13, n. 5, p. 1-15, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n5a321.1-15>

SKORUPA, L. A.; BEHLING, M.; PORFIRIO-DA-SILVA, V. O eucalipto e os desafios para a transferência de tecnologias em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). In: OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JÚNIOR, J. E. (ed.). **O eucalipto e a Embrapa**: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 35. p. 1147-1161.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

SOUSA, H. M. **Atributos microbiológicos do solo em sistemas de integração Lavoura pecuária no ecótono Cerrado-Amazônia**. 2014. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2014.

TABATABAI, M. A. Enzymes. In: WEAVER, R. W.; AUGLE, S.; BOTTOMLY, P. J.; BERDICEK, Q.; SMITH, S.; TABATABAI, M. A.; WOLLUM, A. (ed.). **Methods of soil analysis**: microbiological and biochemical properties. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 775-833.

TORRES, J. L. R.; ASSIS, R. L. de; LOSS, A. Evolução entre os sistemas de produção agropecuária no Cerrado: convencional, Barreirão, Santa Fé e Integração Lavoura-Pecuária. **Informe Agropecuário**, v. 39, n. 302, p. 7-17, 2018.

VALARINI, P. J.; FRIGHETTO, R. T. S.; SCHIAVINATO, R. J.; CAMPANHOLA, C.; SENA, M. M.; BALBINOT, L.; POPPI, R. J. Análise integrada de sistemas de produção de tomateiro com base em indicadores edafobiológicos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 60-67, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000100012>

VILELA, L.; MANJABOSCO, E. A.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. "**Boi Safrinha**" na **Integração Lavoura-Pecuária no Oeste Baiano**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2017. 6 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 35).

WITTE, C. P. Urea metabolism in plants. **Plant Science**, v. 180, n. 3, p. 431-438, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.11.010>

Embrapa

Milho e Sorgo

Parceria



CGPE 017841

Embrapa

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

