INFORMATIVO TÉCNICO

FARM STATION – FS UNIDADE SORRISO

Resultados e pesquisa safra 2024/2025

Sorriso-Mt

2025

Sumário

1. Introdução. 3

2. Resultados e discussão 4

2.1. Uso de biofertilizantes – Fertijam (Organics) 4

2.2. Experimentos de produtividade e emissões de gases do efeito estufa na cultura do milho com uso de fertilizante nitrogenado. 7

2.3. Ranqueamento de cultivares. 11

2.4. Impacto de cultivos consorciados nas propriedades físicas, químicas e no estoque de carbono no solo 12

Referências Bibliográficas 16

1. Introdução.

Nossa unidade experimental em Sorriso/MT possui uma área de 85 hectares, denominada Farm Station (Figura 1). Desde 2019 são realizados ensaios de P&D, com cultivares e híbridos, antes mesmo de chegarem ao mercado. São avaliadas também novas fórmulas de fertilizantes, além de produtos biológicos e manejos que possam trazer resultados de melhoria para o solo. O espaço é direcionado para estimular e apoiar a pesquisa aplicada para o desenvolvimento ou aprimoramento de sistemas, práticas, produtos e processos de produção sustentáveis com foco no aumento da resiliência, da produtividade e renda, e no controle das emissões de gases de efeito estufa.

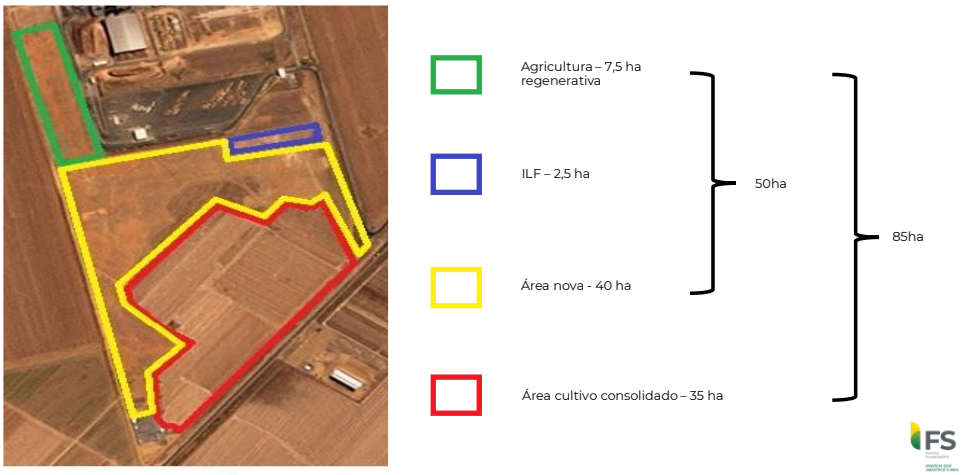


Figura 1- Croqui Farm Station. Fonte: Desenvolvimento Agrícola, 2025

Contamos com os serviços operacionais e orientações da Mulinari Consultoria Agronômica, seguimos com o Projeto Área Regenerativa, visando trazer uma comparação entre o manejo convencional, conversão de área degradada e manejo regenerativo, demonstrando as vantagens dos insumos biológicos para os cultivos.

No ano safra 2024/2025, o time de Desenvolvimento Agrícola realizou, no período de entressafra, atividades de correção e manutenção do solo incorporando 3 ton ha^{-1} de calcário dolomítico e 1 ton ha^{-1} de gesso agrícola. Nas áreas de Agricultura Regenerativa e Área Nova foram realizadas as aplicações de 6 ton ha^{-1} do biofertilizante BioFerts 01-02-01.

Introduzimos como método avaliativo do solo, a BioAs, sendo uma metodologia de avaliação da saúde do solo criada na Embrapa Cerrados que agrega indicadores biológicos às análises de rotina, medindo a atividade de duas enzimas do solo — β-glicosidase (ciclo do C) e arilsulfatase (ciclo do S) — para indicar o estado funcional do solo e sua “memória” de manejo (MENDES et al., 2018).

Em parceria com a Delta CO^2 e a Esalq, realizamos a mensuração de emissões de gases do efeito estufa proveniente de diferentes fontes de nitrogênio, a fim de estudar seus impactos e perdas por volatilização.

Em paralelo, foi instalado na área um experimento de longa duração utilizando diferentes manejos de plantas de cobertura em segunda safra com o objetivo de se avaliar as melhorias físicas, bioquímicas e o estoque de carbono no solo.

2. Resultados e discussão

2.1. Uso de biofertilizantes – Fertijam (Organics)

A BioAs é uma metodologia de avaliação da saúde do solo criada na Embrapa Cerrados sob liderança da pesquisadora Iêda de Carvalho Mendes e agrega indicadores biológicos às análises de rotina, medindo a atividade de duas enzimas do solo — β-glicosidase (ciclo do C) e arilsulfatase (ciclo do S) — para indicar o estado funcional do solo e sua "memória" de manejo (MENDES et al., 2018). Há amplo respaldo de pesquisas que mostram que β-glicosidase e arilsulfatase respondem de forma sensível ao uso e manejo do solo, correlacionando-se com atributos de fertilidade e matéria orgânica, sendo, portanto, bons bioindicadores de saúde do solo (BANDICK & DICK, 1999; LISBOA et al., 2012). Exemplos incluem estudos de campo no Brasil avaliando essas enzimas como ferramentas de diagnóstico em sistemas de conservação (BALOTA et al., 2014), correlações positivas com frações de MO e nutrientes (CHAER et al., 2011), e uso integrado em índices de saúde do solo (RAIESI & BEHESHTI, 2014).

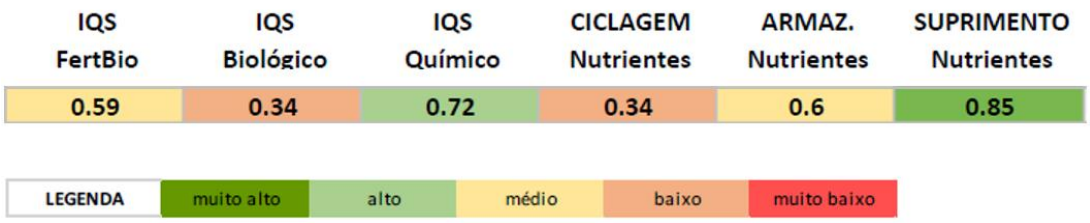
A bioanálise de solo utiliza faixas interpretativas (classes) para essas enzimas (e outros atributos biológicos), permitindo classificar áreas como saudáveis, adoecendo, doentes ou em recuperação, com calibração ancorada no carbono orgânico do solo e/ou na fertilidade — conceito alinhado à literatura que relaciona indicadores microbianos e rendimento (STOTT et al., 2010; MENDES et al., 2021). Essa análise foi padronizada e transferida para uma rede de laboratórios habilitados no Brasil, viabilizando uso rotineiro por produtores e consultores para monitorar impactos de sistemas como plantio direto, integração lavoura-pecuária e cana-de-açúcar (MENDES et al., 2019). A Embrapa consolidou a tecnologia em documentos técnicos que descrevem amostragem, preparo, ensaios enzimáticos e interpretação, reforçando o racional biogeoquímico e a sensibilidade desses bioindicadores (EMBRAPA, 2017).

Até o ano de 2024, a área nova, em recuperação de forma convencional (ARC), não havia recebido nenhuma dose de BioFerts, a fim de se comparar quais seriam os efeitos na bioquímica do solo. Entretanto, no preparo do solo para o cultivo de Soja em 2024, com base nos efeitos

positivos avaliados através da análise metagenômica referente ao uso do biofertilizante na Área Regenerativa, optou-se a adubação orgânica na ARC e validar seus efeitos através da BioAS.

No teste realizado na Farm Station, foram realizadas as coletas das análises de solo antes da distribuição do BioFerts. Estas foram enviadas ao Laboratório Solos e Plantas, habilitado e certificado pela EMBRAPA para realizar esta análise. Com os resultados, pode-se observar na Figura 2 que o solo em manejo convencional, ou seja, utilizando adubos químicos, estava "adoecendo".

Figura 2 - Resultados de BioAS antes da aplicação de BioFerts.



Esse termo é uma categoria intermediária de avaliação da saúde do solo que significa que o solo apresenta queda progressiva na qualidade biológica em resposta ao manejo, antes de atingir um estado crítico ("solo doente") (MENDES et al., 2018). Indica alerta de degradação funcional, exigindo mudanças de manejo para evitar perdas maiores (STOTT et al., 2010).

Os principais sinais vêm de redução da atividade enzimática (β-glicosidase e arilsulfatase), que reflete menor capacidade microbiana de decompor matéria orgânica e ciclar nutrientes (BANDICK & DICK, 1999). Isso sugere queda da biodiversidade microbiana ativa e do potencial de reciclagem de C e S no solo (CHAER et al., 2011). Além disto, estes podem apresentar diminuição do carbono orgânico, redução na ciclagem de nutrientes e na fertilidade biológica, maior vulnerabilidade à compactação e erosão, e decréscimo da produtividade agrícola em médio prazo (BUNEMANN et al., 2018). São áreas que ainda podem ser recuperadas com adoção de práticas conservacionistas, como rotação de culturas, aumento da cobertura vegetal, integração lavoura-pecuária e adubação orgânica (CARDOZO et al., 2020).

Figura 3 - Resultados de BioAS após da aplicação de BioFerts.

IQS FertBio	IQS Biológico	IQS Químico	CICLAGEM Nutrientes	ARMAZ. Nutrientes	SUPRIMENTO Nutrientes
0.76	0.67	0.8	0.67	0.77	0.84

LEGENDA	muito alto	alto	médio	baixo	muito baixo

Com base na Figura 3 Com a aplicação do BioFerts, houve uma melhora biológica evidente, onde o IQS Biológico subiu de 0,34 (baixo) para 0,67 (alto), indicando forte estímulo à microbiota do solo, refletido na maior atividade enzimática (β-glicosidase e arilsulfatase), essenciais para o ciclo do carbono e do enxofre (BANDICK & DICK, 1999). A literatura mostra que insumos orgânicos aumentam a disponibilidade de substratos para microrganismos e promovem maior resiliência biológica (MENDES et al., 2018), corroborando com o resultado apresentado.

Também ocorreu uma recuperação da ciclagem, passando de 0,34 (baixo) para 0,67 (alto), revelando que os nutrientes estão sendo reciclados de forma mais eficiente, reduzindo a dependência exclusiva de fertilizantes químicos (CHAER et al., 2011). Estudos confirmam que adubos orgânicos estimulam a mineralização gradual e favorecem a sincronia entre oferta e demanda das plantas (BASTIDA et al., 2019).

A capacidade de armazenamento de nutriente foi fortalecida, aumentando de 0,60 (médio) para 0,77 (alto). O BioFerts contribuiu para maior acúmulo de matéria orgânica estável, ampliando a capacidade de retenção de nutrientes e a CTC (capacidade de troca catiônica), efeito já observado por SIX et al. (2002), ao utilizar fertilizantes orgânicos.

Referente aos nutrientes, o suprimento químico se manteve alto. O uso do BioFerts garantiu a manutenção dessa fertilidade, e como observado nos estudos realizados por Balota et al. (2014), os biofertilizantes equilibram a base biológica, que neste caso, estava deficiente.

O índice integrado aumentou de 0,59 (médio) para 0,76 (alto/muito alto). Essa evolução mostra a transição do solo de uma condição de "adoecendo" para saudável, de acordo com a BioAnálise (MENDES et al., 2021).

Antes do uso do BioFerts, o solo apresentava-se quimicamente fértil, mas biologicamente fragilizado, com sinais de "adoecimento" (baixa ciclagem e baixa atividade enzimática) (STOTT et al., 2010). Após o uso do biofertilizante, o solo adquiriu uma condição saudável, com

indicadores equilibrados (químicos e biológicos) e maior sustentabilidade produtiva (KARLEN et al., 2019). A mudança central provem do uso de fertilizantes orgânicos que funcionaram como reativadores da vida microbiana e da ciclagem de nutrientes, diminuindo o risco de degradação e fortalecendo o equilíbrio do sistema (CARDOZO et al., 2020).

2.2. Experimentos de produtividade e emissões de gases do efeito estufa na cultura do milho com uso de fertilizante nitrogenado.

A agricultura moderna enfrenta o duplo desafio de garantir a segurança alimentar enquanto mitiga seus impactos ambientais, particularmente no que tange às emissões de gases de efeito estufa (GEE). Os fertilizantes nitrogenados, embora essenciais para atingir altas produtividades, representam uma fonte significativa de emissões, especialmente de óxido nitroso (N_2O), um gás com potencial de aquecimento global 298 vezes superior ao CO_2 (IPCC, 2019).

Esse experimento foi realizado em campo em duas localidades, com duas finalidades: avaliar diferentes fontes de fertilizante e avaliar o cenário em uma lavoura comercia. Na safra 2025, foi conduzido na Fazenda Poranga localizada em Sorriso, MT (-12.458701, -55.693865, no qual teve como objetivo avaliar a produtividade e a emissão de gases do efeito estufa do fertilizante nitrogenado padrão (20-00-20) aplicado no milho. O segundo experimento, foi implementado na mesma época de cultivo nas dependências da Farm Station e neste contexto, o estudo avaliou comparativamente o desempenho agronômico e ambiental de quatro fontes de fertilizantes nitrogenados - ureia convencional, Super N Pro, sulfato de amônio e o fertilizante padrão 20-00-20 - em cultivo de milho, incluindo um tratamento controle sem adubação nitrogenada para referência.

No dia 22 de fevereiro de 2025, início da germinação do milho, enquanto as plantas de apresentavam 2 folhas parcialmente abertas, foi iniciado o experimento na Farm Station com as seguintes adubações:

Fertilizante	Quantidades aplicadas dos fertilizantes		
	1 hectare (quilogramas)	5 metros (gramas)	GEE (g/base)
Controle (sem N)	- - -	- - -	- - -
Ureia Convencional	250 (112,5)	100 (45)	6 (2,7)
Super N Pro	250 (112,5)	100 (45)	6 (2,7)
Sulfato de amônio	550 (110)	220 (44)	14 (2,8)
20-00-20	550 (110)	220 (44)	14 (2,8)

Figura 4 - Fertilizante, identificação e quantidades de aplicadas no experimento de campo para determinar a produtividade e as emissões de GEE no milho.

No ensaio realizado na Farm Station, os dados revelaram significativa variação tanto na produtividade quanto no perfil de emissões entre os tratamentos. O fertilizante padrão 20-00-20 e a ureia convencional proporcionaram as maiores produtividades, alcançando 6.293 kg ha^{-1} e 5.984 kg ha^{-1}, respectivamente, representando incrementos de aproximadamente 34% e 27% em relação ao tratamento controle, que registrou 4.693 kg ha^{-1}. Estes resultados corroboram a importância do nitrogênio como nutriente limitante para a produtividade do milho, especialmente em solos tropicais onde a mineralização da matéria orgânica é acelerada.

No aspecto ambiental, o sulfato de amônio destacou-se como a fonte mais eficiente ambientalmente, com emissões totais de apenas 332 kg CO_2e ha^{-1}. Em contraste, o fertilizante 20-00-20 registrou as maiores emissões (472,9 kg CO_2e ha^{-1}), seguido pela ureia e Super N Pro (≈428 kg CO_2e ha^{-1}). Esta variação pode ser atribuída às diferentes dinâmicas de transformação do nitrogênio no solo, conforme descrito por Butterbach-Bahl et al. (2013), onde processos de nitrificação e desnitrificação são mediados por condições específicas de umidade, temperatura e características do solo.

A análise detalhada da composição das emissões demonstrou que o CO_2 representou entre 78% e 93% do total de gases emitidos, sendo o principal componente do CO_2e total. O N_2O contribuiu com aproximadamente 20% nas fontes 20-00-20 e ureia, e cerca de 12% no Super N Pro e sulfato de amônio. O metano (CH_4) apresentou contribuição inferior a 0,3%, sendo considerado desprezível em todas as fontes. A dominância do CO_2 nas emissões totais pode ser explicada pelo chamado "priming effect", onde a aplicação de nitrogênio estimula a atividade microbiana e consequente decomposição da matéria orgânica do solo (Kuzyakov et al., 2000).

Os fatores de emissão de N_2O variaram significativamente conforme a fonte nitrogenada: ureia e 20-00-20 apresentaram 0,8% do N aplicado emitido como N_2O - valor dentro da faixa de referência do IPCC (IPCC, 2019). Já Super N Pro e sulfato de amônio registraram fatores significativamente menores (0,3% e 0,2%, respectivamente). Estes resultados estão alinhados com estudos anteriores que demonstram menores fatores de emissão para fontes amoniacais em comparação com fontes ureicas (Siqueira-Neto et al., 2016; Fracetto et al., 2017).

A intensidade de emissão (kg CO_2e por kg de grão produzido) variou entre 0,06 e 0,08, valores que representam apenas 25-30% da intensidade média global do milho, estimada em 0,24 kg CO_2e/kg por Poore e Nemecek (2018). Essa métrica é particularmente relevante, pois demonstra que o aumento da produtividade pode compensar, pelo menos parcialmente, as maiores emissões absolutas por área. A tabela 1 apresentada a seguir traz um compilado dos resultados descritos:

Tabela 1 - Emissões acumuladas dos GEE expressas em kg CO2e/ha oriundas dos fertilizantes aplicados no milho.

Fonte	Produtividade	CO_2	$CO_{2e_{CH_4}}$	$CO_{2e_{N_2O}}$	Total CO_{2e}	Intensidade de emissão
	kg/ha					kg CO_2/ kg milho
Controle	4.693,0 c	252,7 c	-0,4 ns	20,5 c	272,7 b	0,06
Ureia Convencional	5.984,3 a	332,0 ab	0,0	95,8 a	427,9 a	0,07
Super N PRO	5.895,1 b	379,4 a	-0,2	49,3 b	428,6 a	0,07
Sulfato de amônio	5.767,4 b	290,3 bc	0,8	41,1 b	332,2 b	0,06
20-00-20	6.293,3 a	378,7 a	0,1	94,1 a	472,9 a	0,08
DMS	351,2	73,4	- - -	11,3	88,3	- - -
CV%	15,6	29,1	1903,0	54,7	36,5	- - -

DMS = Diferença mínima significativa. CV% = coeficiente de variação. Test SNK ($p < 0,05$).

O estudo também permitiu identificar "hot moments" - picos de emissão de N_2O ocorridos principalmente no 11º dia após a aplicação dos fertilizantes, coincidindo com evento pluviométrico de aproximadamente 25 mm. Este padrão é consistente com a literatura científica, que reporta aumentos significativos nas emissões de N_2O após eventos de chuva, depois que os fertilizantes nitrogenados já foram aplicados (Hassan et al., 2022). A umidade do solo é conhecida por afetar diretamente os processos de nitrificação e desnitrificação, principais vias de formação do N_2O.

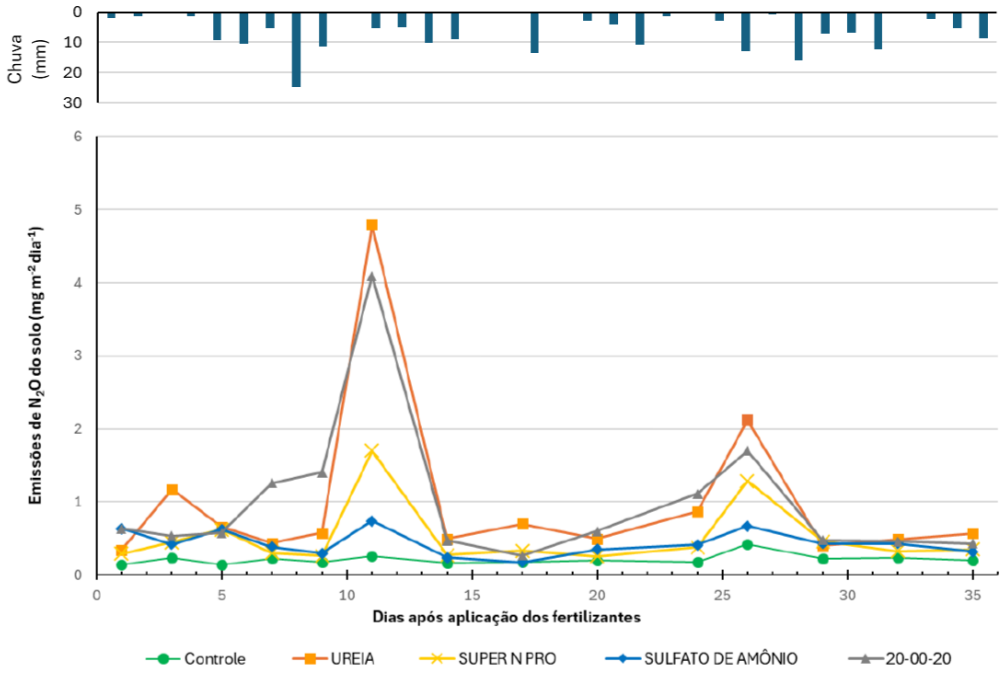


Figura 5 - Emissões médias diárias de N2O (mg m-2 dia-1) do solo e fertilizantes aplicados no milho.

No dia 22 de fevereiro de 2025, início da germinação do milho, enquanto as plantas de apresentavam 2 folhas parcialmente abertas, foi iniciado o experimento na Fazenda Poranga com a aplicação do Fertilizante Padrão (cerca de 36 gramas do fertilizante 20-00-20 por metro totalizando 90 kg ha^{-1} de nitrogênio) aplicado diretamente nas linhas de crescimento das plantas. A quantidade de fertilizante está apresentada na Tabela 1. Antes da aplicação da adubação, as bases das câmaras coletoras dos GEE foram instaladas nas linhas de crescimento das plantas e a quantidade de fertilizante foi pesada e aplicada individualmente.

Tabela 2 - Quantidade de fertilizante aplicada no experimento de campo para determinar emissões de GEE no milho. Entre parênteses está apresentada a quantidade de nitrogênio.

Fertilizante	Quantidades aplicada do fertilizante		
	1 hectare (quilogramas)	5 metros (gramas)	GEE (g/base)
Controle	- - -	- - -	- - -
Fertilizante Padrão	450 (N90)	180 (N36)	12 (N2,4)

Nele foram avaliadas duas situações: uma com aplicação do fertilizante nitrogenado padrão, e um Controle (sem N) como apresentado na figura 4.

Figura 6 - Resultados sumarizados do experimento conduzido no milho.

Fonte	Produtividade	CO_2	CH_4	N_2O	Total CO_2e	Intensidade de emissão	F.E.$_{N_2O}$
	- - kg/ha - -	- g/m^2 -	- - - mg/m^2 - - - -		- kg/ha -	kg CO_2/kg milho	- % -
Controle	6274,3 ^{ns}	29,6**	1,93 ^{ns}	10,8*	344,8**	0,05*	- - -
Fertilizante Padrão	6.491,6	69,1	1,36	38,7	810,0	0,12	0,81

Legenda: Total CO2e = Soma dos gases emitidos calculados usando seus respectivos Potenciais de aquecimento global -GWP100 (CO2 = 1; CH4 = 27,9; N2O =273; IPCC, 2019). Intensidade de emissão: produtividade/total CO2e. Fator N2O: fator de emissão do N2O. Diferenças pelo teste t de Student (*5% e **1%).

As menores emissões totais dos GEE foram encontradas no Controle, enquanto as maiores com a para o Fertilizante Padrão. Contudo, não foi encontrado diferença na produtividade.

As emissões de CO2 representaram cerca de 85% do total GEE emitido - para ambos os tratamentos, seguido pelo N2O com 13% no tratamento com Fertilizante Padrão, e 9% para o Controle. Cabe destacar que metano (CH4) – mesmo sem apresentar diferença significativa, representou cerca de 6% nas emissões do Controle, contra 2% das emissões do Fertilizante Padrão.

A intensidade de emissão foi significativamente menor no Controle, uma vez que a produtividade não diferiu, a menor emissão determinou esse resultado. Especificamente com relação ao óxido nitroso (N2O – gás emitido diretamente da fonte nitrogenada), o Fertilizante Padrão apresentou um fator de emissão de 0,8% do N aplicado, ou seja, dentro da faixa estimada pelo IPCC de 1% do N-aplicado.

Os resultados obtidos fornecem subsídios importantes para o desenvolvimento de estratégias de manejo que conciliem produtividade e sustentabilidade. Baseado nas evidências experimentais e na literatura consultada, recomenda-se a seleção de fontes com menor fator de emissão, uso de tecnologias de eficiência, manejo da adubação, monitoramento meteorológico e avaliação econômico-ambiental.

Além disso, o estudo evidencia que a escolha da fonte nitrogenada influencia significativamente tanto a produtividade quanto o perfil de emissões de GEE na cultura do milho. Enquanto fertilizantes à base de ureia proporcionaram maior produtividade, o sulfato de amônio emergiu como alternativa mais sustentável, conciliando produtividade satisfatória com menores impactos ambientais. A intensidade de emissão significativamente inferior à média global demonstra o potencial da agricultura brasileira em conciliar produção e sustentabilidade.

Sendo assim, estes resultados reforçam a importância do manejo adequado de fertilizantes no contexto das políticas de baixo carbono, como o Plano ABC+, destacando a necessidade de contínuo desenvolvimento e adoção de tecnologias que aumentem a eficiência do uso de nitrogênio na agricultura tropical.

2.3. Ranqueamento de cultivares.

Foram realizados testes de produtividade de diferentes híbridos de milho presentes no mercado, com o objetivo de avaliar qual o mais adaptado e responsivo para a região. Todos os híbridos foram semeados no dia 10 de fevereiro de 2025, e submetidos aos mesmos tratamentos, no qual receberam 1 aplicação de herbicida pré semeadura e 2 pós semeadura, 4 aplicações de fungicidas, e aplicações de inseticidas quando detectado, no monitoramento semanal, ataques de pragas como lagartas, cigarrinhas-do-milho e percevejos. O volume de chuvas foi de aproximadamente 600 mm bem distribuídos durante todo o desenvolvimento da cultura.

Sendo assim, o ranking de cultivares foram:

Tabela 3 - Ranking de produtividade dos híbridos

Híbrido	Produtividade SC ha-1
KWS 7510 VIP 3	159, 46
KWS 8575 PRO 4	155,90
NS 89 NVIP3	152,95
AS 1820 PRO4	152,11
AS 1868 PRO4	149,04
B 2701 PWU	146,48
NS 79 VIP3	146,17
NS 99 VIP3	144,78
B 2900 PWU	140,13
B 2688 PWU	139,34
B 2620 PWU	135,32

2.4. Impacto de cultivos consorciados nas propriedades físicas, químicas e no estoque de carbono no solo

O solo exerce um papel crucial no ecossistema, além de ser o meio de suporte para o desenvolvimento das plantas, exerce papel essencial como reservatório de água, nutrientes e carbono. A Matéria Orgânica do Solo (MOS) está diretamente relacionada com as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, tornando-a um dos componentes mais sensíveis às práticas de manejo agrícola (LISBOA et al., 2012).

Nas últimas décadas, a agricultura tem promovido um intenso aumento da produção de alimentos, fibras e energia, mas essa intensificação tem causado degradação dos recursos naturais, principalmente do solo, devido ao revolvimento do solo e à baixa diversidade de cultivos. Os principais impactos observados têm sido a compactação, a erosão, a redução da matéria orgânica e a deficiência na capacidade de reter e fornecer água e nutrientes, causando um desequilíbrio dos sistemas produtivos (MENDES et al., 2015).

O plantio direto, assim como outras práticas conservacionistas, mostrou-se eficiente na mitigação das degradações ocasionadas pelos sistemas convencionais. O consórcio de plantas de

cobertura favorece a diversificação do aporte de matéria orgânica no solo, contribuindo para a formação de diferentes frações e aumentando o estoque de carbono orgânico do solo (COS), principalmente quando utilizadas espécies leguminosas e gramíneas (BALOTA et al., 2004). Com essas práticas, ocorre o estímulo da atividade microbiana e a produção de enzimas que cooperam na ciclagem de nutrientes e na estabilização da MO (NDIAYE et al., 2000).

Por evidenciarem diferentes estágios de decomposição da matéria orgânica e a estabilidade do carbono no solo, a quantificação das frações da MOS por meio do carbono orgânico particulado (COP) e do carbono orgânico associado aos minerais (COAM) conferem maior sensibilidade na avaliação da qualidade do solo (TURNER et al., 2002). Ademais, tem se destacado, como ferramenta eficiente de avaliação precoce dos impactos de diferentes manejos para a saúde do solo, o uso de indicadores biológicos como a atividade das enzimas arilsulfatase e β-glicosidase, por responderem rapidamente às alterações provocadas pelas práticas agrícolas, mesmo quando os atributos físicos e químicos não demonstraram variações significativas (CHAER; TÓTOLA, 2007).

Com a intensificação na adoção de sistemas integrados de manejo, alguns questionamentos no entendimento dos efeitos de diferentes consórcios de plantas de cobertura na qualidade física, química e biológica do solo, principalmente em ambientes de clima tropical intensamente manejados. Nesse contexto, é necessário que se investigue estratégias de manejo que promovam não só o acúmulo de carbono, mas também que tragam melhorias às propriedades que permitem maior resiliências nos agroecossistemas.

Sendo assim, este trabalho terá como objetivo avaliar qual sistema de cultivo trará melhorias ao solo.

O local onde o experimento será instalado sofreu um intenso processo de degradação devido ao revolvimento das camadas mais profundas do solo para construção civil, além do intenso tráfego de máquinas pesadas no local, e para a recuperação desta área foi realizado calagem e gessagem, a fim de corrigir o solo, e adubação fosfatada conforme a deficiência apresentada em análise química.

O experimento será executado em uma área de produção com o cultivo de Soja + Milho solteiro (Testemunha Padrão), sendo implantado os seguintes cenários a serem avaliados: Soja + Milho com Braquiária Ruziziensis (Referência Consórcio); Soja + Milho com Crotalária spectabilis; Soja + Milho com Estilosantes; Soja + Milho com Nabo Forrageiro; Soja + Consórcio Sêxtuplo (B. ruziziensis + Gergilim + C. spectabilis + Níger + Nabo forrageiro + Trigo mourisco); Soja + Vegetação espontânea.

Cada tratamento está disposto em cultivo em faixas de aproximadamente 0,5 ha (*vide* Figura 5), e serão divididos em 4 parcelas para a obtenção de repetições para análise estatística.

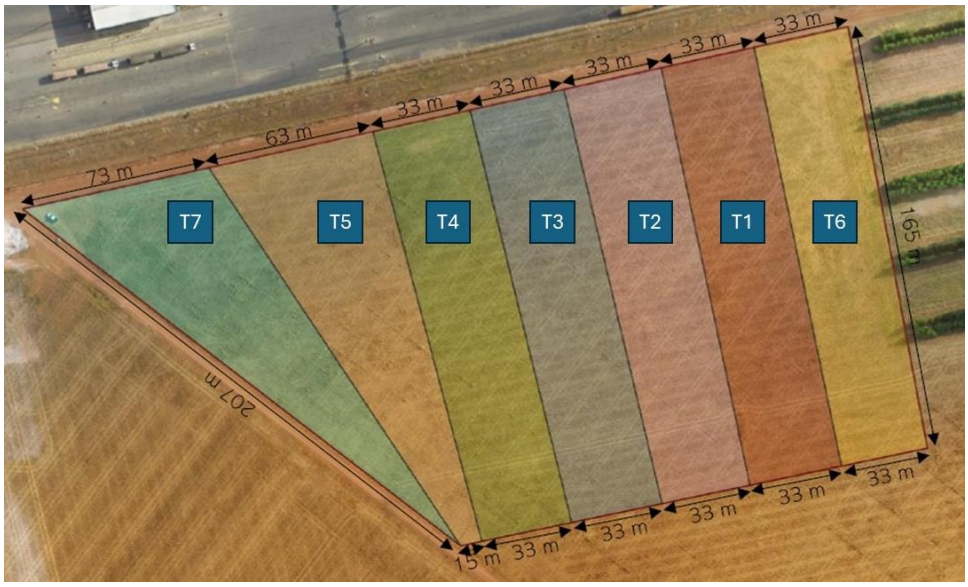


Figura 5 - Croqui do experimento. Fonte: Maikoll Gustavo Tozzo, 2024.

As amostras de solo serão coletas antes da implantação do experimento e após a colheita do milho no primeiro e segundo ano safra. Os tratamentos que não integrarem a cultura, também serão amostrados nesta época.

As plantas de cobertura consorciadas com o milho serão semeadas com a uso de um distribuidor quando a cultura estiver em estádio V2, a fim de evitar a competição por luz na germinação e desenvolvimento das plantas de cobertura nas entrelinhas e minimizando a competição por nutriente nas fases iniciais do crescimento das plantas. O manejo de adubação e fitossanitário seguirá conforme o padrão adotado para o milho cultivado pela empresa.

Ao final do ciclo fisiológico, será colhido manualmente 4 repetições por tratamento, em uma área representativa de 5 m². Logo após, as amostras serão debulhadas e será determinado teor de umidade dos grãos em higrômetro digital. O peso das amostras será padronizado à 14% para realização dos cálculos de produtividade.

O processo de amostragem do solo será composto por amostras deformadas, compostas por 10 amostras simples que serão agrupadas e homogeneizadas para elaboração de uma amostra composta para cada profundidade e parâmetro determinado, destinadas às análises químicas, de textura e determinação de teores de COAM e COP e das enzimas arilsulfatase e betaglucosidase; e amostras indeformadas para compor as amostragens de C e para mensuração da densidade do solo, água disponível e resistência à penetração. As amostras deformadas serão retiradas em

profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm com o auxílio de uma sonda, e cada um dos tratamentos terão quatro repetições em cada profundidade definida e serão enviadas a laboratório para a análises estabelecidas. As amostras indeformadas também serão retiradas nas profundidades ditadas anteriormente, com o uso de anéis volumétricos. Estes serão secos para a determinação da densidade, calculada através da relação entre o peso seco da amostra e o volume do anel (Teixeira et al., 2017).

As atividades das enzimas arilsulfatase (relacionada ao ciclo do enxofre) e β-glicosidase (relacionada ao ciclo do carbono) foram determinadas conforme metodologia proposta por Tabatabai (1994). Cada amostra de solo foi analisada em três repetições analíticas, conforme recomendado para estudos de bioquímica do solo (PARHAM & DENG, 2000).

No laboratório, as amostras deformadas serão secas ao ar, peneiradas (< 2 mm), e os restos de tecidos vegetais (raízes/parte aérea) grosseiros serão removidos. Conforme a metodologia de Salton (2005), as subamostras serão colocadas em frascos tampados e agitados horizontalmente, durante 15 horas em solução ácida, e depois o conteúdo será peneirado com auxílio de água corrente, em malha com abertura de 0,053 mm, e levado à secagem em estufa à 50°C e depois de seco, pesado e levado para determinação dos teores de C, em uma subamostra que será moída e peneirada em 0,15 mm, mensurada por meio de um analisador elementar de combustão seca. Após estes procedimentos, obtém-se o teor de carbono orgânico particulado (COP). O carbono da fração não retido na peneira, que possui tamanho similar à fração silte ou argila do solo, é considerado como carbono orgânico associado aos minerais (COAM), que será mensurado idem ao COP.

Após analisadas, os índices mensurados serão calculados através da fórmula:

Estoque de C = C na camada X Densidade da camada X Camada equivalente

Onde o estoque de C será expresso em Mg ha-1; C na camada será representará os teores (%) de C do solo mensurado; Densidade da camada é a densidade do solo coletado; e a camada equivalente é a profundidade no solo da camada amostrada

Referências Bibliográficas

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; DICK, R. P. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biology and Fertility of Soils**, v. 38, n. 1, p. 15-20, 2003. DOI: 10.1007/s00374-003-0590-9.

BALOTA, E. L. et al. Soil enzyme activities under long-term tillage and crop rotation systems in subtropical agro-ecosystems. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 45, n. 1, p. 177-184, 2014. DOI: 10.1590/S1517-83822014000100024.

BANDICK, A. K.; DICK, R. P. Field management effects on soil enzyme activities. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 31, n. 11, p. 1471-1479, 1999. DOI: 10.1016/S0038-0717(99)00051-6.

BASTIDA, F. et al. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. **Plant and Soil**, v. 432, n. 1-2, p. 1-5, 2019. DOI: 10.1007/s11104-018-3873-5.

BUNEMANN, E. K. et al. Soil quality – A critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 120, p. 105-125, 2018. DOI: 10.1016/j.soilbio.2018.01.030.

CARDOZO, M. M. et al. Soil health assessment following the implementation of conservation agriculture. **Agricultural Systems**, v. 184, 102892, 2020. DOI: 10.1016/j.agsy.2020.102892.

CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1381-1396, 2007. DOI: 10.1590/S0100-06832007000600016.

CHAER, G. M. et al. Aplicação de indicadores microbiológicos de qualidade do solo em sistemas agrícolas orgânicos e convencionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 8, p. 889-901, 2011. DOI: 10.1590/S0100-204X2011000800014.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. 574 p.

HAWKESFORD, M. et al. Functions of macronutrients. In: **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3. ed. Amsterdam: Elsevier, 2012. p. 135-189. DOI: 10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6.

IPCC. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. [S.l.]: IPCC, 2019.

KARLEN, D. L. et al. Soil health assessment: Past accomplishments, current activities, and future opportunities. **Soil and Tillage Research**, v. 195, 104365, 2019. DOI: 10.1016/j.still.2019.104365.

LISBOA, B. B. et al. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 45-55, 2012. DOI: 10.1590/S0100-06832012000100004.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MENDES, I. C. et al. Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 185-208, 2015. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/133403/1/185-208.pdf.

MENDES, I. C. et al. Soil health assessment in Brazil: A methodological review. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 45, e0210121, 2021. DOI: 10.36783/18069657rbcs20210121.

MENDES, I. C. et al. Uso de indicadores microbianos e bioquímicos na avaliação da qualidade do solo. Tópicos em Ciência do Solo, v. 10, Viçosa, MG: SBCS, 2018. p. 1-48.

MENDES, I. C. et al. Bioanálise do solo: conceitos, princípios e aplicações. Documentos, 345. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2019. 45 p.

NDIAYE, E. L. et al. Integrative biological indicators for detecting change in soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture**, v. 15, n. 1, p. 26-36, 2000. DOI: 10.1017/S0889189300008439.

PARHAM, J. A.; DENG, S. P. Detection, quantification and characterization of β-glucosaminidase activity in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, n. 8-9, p. 1183-1190, 2000. DOI: 10.1016/S0038-0717(00)00034-1.

RAIESI, F.; BEHESHTI, A. Soil specific enzyme activity shows more clearly soil responses to paddy rice cultivation than absolute enzyme activity in primary forests of northwest Iran. **Applied Soil Ecology**, v. 75, p. 63-70, 2014. DOI: 10.1016/j.apsoil.2013.10.012.

SALTON, J. C. Sistema de produção e qualidade da matéria orgânica do solo. 2005. 121 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SANGIO, P. J. et al. Potassium fertilization for maize and soybean in no-till system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 192-201, 2015. DOI: 10.1590/01000683rbcs20150183.

SIX, J. et al. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. **Plant and Soil**, v. 241, n. 2, p. 155-176, 2002. DOI: 10.1023/A:1016125726789.

STOTT, D. E. et al. Evaluation of β-glucosidase activity as a soil quality indicator for the soil management assessment framework. **Soil Science Society of America Journal**, v. 74, n. 1, p. 107-119, 2010. DOI: 10.2136/sssaj2009.0029.

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: **Methods of Soil Analysis: Part 2 Microbiological and Biochemical Properties**. Madison: SSSA, 1994. p. 775-833. DOI: 10.2136/sssabookser5.2.c37.

TEIXEIRA, P. C. et al. (Ed.). Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

TURNER, B. L. et al. β-Glucosidase activity in pasture soils. **Applied Soil Ecology**, v. 20, n. 2, p. 157-162, 2002. DOI: 10.1016/S0929-1393(02)00020-3.

ZÖRB, C. et al. Potassium in agriculture – status and perspectives. **Journal of Plant Physiology**, v. 171, n. 9, p. 656-669, 2014. DOI: 10.1016/j.jplph.2013.08.008.