

HUMBERTO TEIXEIRA ROSADO

**COMBINAÇÃO DE AGLOMERANTES ORGÂNICOS COM SUBPRODUTO DA
CONCENTRAÇÃO DE BAUXITA NA PRODUÇÃO VEGETAL E NA QUALIDADE
DA ÁGUA PERCOLADA EM TECNO-SOLOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Ivo Ribeiro da Silva

Coorientadores: Rafael da Silva Teixeira

Raphael B. Alves Fernandes

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

R788c Rosado, Humberto Teixeira, 1982-
2023 Combinação de aglomerantes orgânicos com subproduto da
concentração de bauxita na produção vegetal e na qualidade da
água percolada em tecno-solos / Humberto Teixeira Rosado. –
Viçosa, MG, 2023.

1 dissertação eletrônica (43 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexo.

Inclui apêndices.

Orientador: Ivo Ribeiro da Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Solos, 2023.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.666>

Modo de acesso: Word Wide Web.

1. Solos - Lixiviação. 2. Barragens de rejeitos. 3. Argila.
4. Resíduos orgânicos. I. Silva, Ivo Ribeiro da, 1970-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos.
Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas.
III. Título.

CDD 22. ed. 627.83

Humberto Teixeira Rosado

**COMBINAÇÃO DE AGLOMERANTES ORGÂNICOS COM SUBPRODUTO DA
CONCENTRAÇÃO DE BAUXITA NA PRODUÇÃO VEGETAL E NA QUALIDADE
DA ÁGUA PERCOLADA EM TECNO-SOLOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

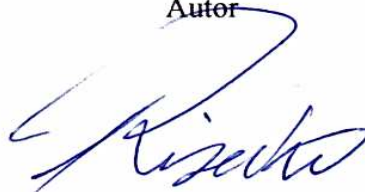
APROVADA: 02 de agosto de 2023.

Assentimento:



Humberto Teixeira Rosado

Autor



Ivo Ribeiro da Silva

Orientador

Aos meus pais, pilares da minha formação como ser humano.

AGRADECIMENTOS

Sou imensamente grato a minha esposa e companheira Andréa, por toda cumplicidade e apoio. Por fazer da minha luta, sua luta, dos meus sonhos seus sonhos. Agradeço ao meu filho, Miguel, pelo companheirismo e suas perguntas surpreendentes e criativas. A minha filha Clara que chegou para alegrar nos dias, vocês são a motivação para continuar mesmo quando a dinâmica da vida deixa o coração apertado ou fora do ritmo.

Agradeço ao Professor Ivo Ribeiro da Silva, pela orientação e ensinamentos.

Aos Professores Rafael Teixeira e Raphael Bragança, pela coorientação e ensinamentos.

Aos membros da banca, Professor Rafael Teixeira, Professor Clever Briedis e Dr. Ivan Francisco de Souza pelas valiosíssimas contribuições.

Ao amigo João Milagres pelo incentivo, ensinamentos e convívio diário no Laboratório de Isótopos Estáveis.

Às estudantes de graduação Maria Carolina, Leticia Schunk e Julia Moraes pela dedicação na condução do experimento e na realização das análises.

Aos amigos do Laboratório de Isótopos Estáveis, em especial a Daniela Cristina, Bernardo Amorim e Maria Cardoso pelas contribuições na realização deste trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Solos pela oportunidade.

À empresa Companhia Brasileira de Alumínio – Votorantim Metais (CBA/VM), por disponibilizar material de estudos e pelo fomento financeiro.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

A todos que de alguma forma participaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

ROSADO, Humberto Teixeira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2023. **Combinação de aglomerantes orgânicos com subproduto da concentração de Bauxita na produção vegetal e na qualidade da água percolada em Tecno-solos.** Orientador: Ivo Ribeiro da Silva. Coorientadores: Rafael da Silva Teixeira e Raphael Bragança Alves Fernandes.

O Brasil tem em reservas 2,4 bilhões de toneladas de Bauxita e ocupa o terceiro lugar no mundo em termos de reservas desse minério. A extração e o beneficiamento do minério estão associados a grandes mudanças na paisagem, removendo solo superficial e barragens rejeitos. Novas técnicas têm sido pensadas com o objetivo de acabar com a destinação de rejeitos em barragens e o aproveitamento do subproduto na reconstituição da área. No entanto, esse componente possui baixo teor de C e nutrientes, o que limita o desenvolvimento das plantas. Uma alternativa que tem sido buscada é a possibilidade de formação de um novo solo, incorporando o subproduto da mineração da Bauxita (Torta de Argila), aglomerantes orgânicos e fertilizantes, para a construção de Tecno-solos. Os desafios em utilizar a Torta de Argila como base para a formação do Tecno-solo, e sua utilização para a recuperação de áreas degradadas, devem-se principalmente aos poucos estudos sobre o assunto, tendo em vista que este é um procedimento adotado recentemente no beneficiamento da Bauxita. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes proporções de resíduos como condicionadores da Torta de Argila durante a construção do Tecno-solo, atendendo a portaria CONAMA nº 357/2005, qualidade das águas superficiais. O experimento foi conduzido com 22 tratamentos compostos por resíduos orgânicos (cama de frango - CM, serragem - SE, torta de filtro - TF e fino do carvão vegetal - CV) em blocos ao acaso, com presença de plantas em 4 repetições. As colunas de PCV simularam o perfil do Tecno-solo que recebia 500 mL de água deionizada a cada 7 dias, simulando uma precipitação anual de 1200 mm. Após 35 dias e 4 lixiviações, avaliou-se a produção de massa seca, os teores de $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ e P do Tecno-solo e do lixiviado, além da turbidez do lixiviados. As combinações que proporcionaram maiores produções de matéria seca foram: 18,0 % TF : 2,0 % CV; 19,0 % TF : 1,0 % CM e 19,0 % TF : 1,0 % SE. Por vez as melhores doses para produção de mMSPA, pode não ser as melhores para a qualidade ambiental dos lixiviados, devido à lixiviação do Fósforo.

Palavras-chave: Tecno-solos. Barragens de rejeito. Torta de Argila. Resíduo orgânico. Lixiviados.

ABSTRACT

ROSADO, Humberto Teixeira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August 2023. **Combination of organic binders with a by-product of Bauxite concentration in plant production and in the quality of percolated water in Techno-soils.** Advisor: Ivo Ribeiro da Silva. Co-advisors: Rafael da Silva Teixeira and Raphael Bragança Alves Fernandes.

Brazil has 2.4 billion tons of Bauxite in reserves and ranks third in the world in terms of reserves of this ore. Ore extraction and processing are associated with major changes in the landscape, removing topsoil and tailings dams. New techniques have been designed with the aim of ending the disposal of tailings in dams and using the by-product to reconstitute the area. However, this component has a low C and nutrient content, which limits plant development. An alternative that has been sought is the possibility of forming a new soil, incorporating the by-product of Bauxite mining (Clay Cake), organic binders and fertilizers, for the construction of Techno-soils. The challenges in using Clay Cake as a basis for the formation of Techno-soil, and its use for the recovery of degraded areas, are mainly due to the few studies on the subject, considering that this is a procedure recently adopted in the Bauxite processing. In this sense, the objective of this work was to evaluate different proportions of waste as clay cake conditioners during the construction of Tecno-soil, complying with CONAMA ordinance nº 357/2005, quality of surface waters. The experiment was conducted with 22 treatments composed of organic waste (chicken litter - CM, sawdust - SE, filter cake - TF and charcoal fines - CV) in randomized blocks, with the presence of plants in 4 replications. The PCV columns simulated the Tecno-soil profile that received 500 mL of deionized water every 7 days, simulating an annual precipitation of 1200 mm. After 35 days and 4 leaches, the dry mass production, the N-NH_4^+ , N-NO_3^- and P contents of the Techno-soil and the leachate were evaluated, in addition to the turbidity of the leachate. The combinations that provided the highest dry matter production were: 18.0% TF: 2.0% CV; 19.0% TF: 1.0% CM and 19.0% TF: 1.0% SE. Sometimes the best doses for the production of mMSPA may not be the best for the environmental quality of the leachate, due to the leaching of Phosphorus.

Keywords: Techno-soils. Tailings dams. Clay Pie. Organic waste. leached.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
2.1. Instalação do experimento	11
2.2. Análise química dos lixiviados e Tecno-solos	15
2.3. Biomassa de parte aérea e raízes do milho	16
3. RESULTADOS	17
3.1 Teores de N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻ , P e Turbidez dos lixiviados dos Tecno-solos.....	17
3.2 Turbidez presente nos lixiviados da 1 ^a e 4 ^a coleta.....	22
3.1. Produção de massa de matéria seca da planta	27
4. DISCUSSÃO	31
4.1 Teor de N-NH ₄ ⁺ e N-NO ₃ ⁻ presente soluções lixiviadas dos Tecno-solos	31
4.2 Teor de P na 1 ^a e 4 ^a lixiviação	32
4.3 Turbidez presente na 4 ^a lixiviação.....	33
4.4 Teor de N-NH ₄ ⁺ e N-NO ₃ ⁻ presente nos Tecno-solos após a 4 ^a lixiviação.....	34
4.5 Teor de P presente nos Tecno-solo após quatro lixiviações.....	34
5. CONCLUSÕES.....	36
6. REFERÊNCIAS	37
7. APÊNDICE	40
7.1 Processo de extração da Bauxita, beneficiamento e produção do Tecno-solos.....	40
7.2 Análises complementares da 1 ^a e 4 ^a lixiviações	41
7.3 Análises complementares dos Tecno-solo.....	42
8. ANEXO.....	43
8.1 Parâmetros resolução CONAMA 375/2005	43

1. INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os seis mais importantes países minerais do mundo (CHAVES; BARRETO, 2002), com grandes reservas e uma diversificada variedade de minerais metálicos e não-metálicos. O país ocupa a terceira posição mundial, em termos de reservas de Bauxita, com 2,4 milhões de toneladas (CLAYER MONTEIRO - ANM *et al.*, 2020). O setor de mineração tem aumentado sua capacidade de produção de modo a atender à crescente demanda mundial, em especial na cadeia da Bauxita. O minério de Bauxita é a principal fonte de obtenção do alumínio, cerca de 90 % da alumina, proveniente do beneficiamento da Bauxita, é destinada à produção do alumínio metálico (CONSTANTINO *et al.*, 2002). O alumínio é matéria-prima para diversas atividades industriais, como transportes, construção civil e eletroeletrônicos, nos quais a participação do mineral vem se destacando nas últimas décadas (ZHANG *et al.*, 2016). A exploração da Bauxita ocorre em regiões de clima tropical e subtropical. Essas regiões são propícias à formação das jazidas de Bauxita, pois possuem uma temperatura média anual acima dos 20° C e, também, alternância das estações seca e úmida, além de um relevo acidentado que favorecendo o processo natural de lixiviação (ALVES SAMPAIO; CALIXTO DE ANDRADE; JUNQUEIRA BOUDORT DUTRA, 2005). É de conhecimento que, apesar da inegável relevância socioeconômica da atividade de mineração, ela também é associada a problemas ambientais, tanto em função da degradação do solo durante o processo de exploração, como da produção de resíduos diversos nas etapas de extração, processamento e disposição dos rejeitos em barragens. Devido, as questões ambientais, o setor de mineração no país vem passando por grandes mudanças em seu processo de produção e extração da bauxita.

O processo de mineração ocorre a partir de remoção da vegetação e do solo (horizontes A e B), seguida pela extração do minério. O minério bruto lavrado é levado para a planta de beneficiamento, o qual passa por desagregação física, lavagem e peneiramento, originando um rejeito silto-argiloso disperso que é disposto em barragens. A vida útil dessas barragens é inversamente proporcional a quantidade de rejeito depositado e, portanto, apresenta um prazo de vida útil, sendo uma situação ideal a eliminação completa das mesmas no processo de mineração de Bauxita.

Neste contexto, a crescente preocupação em relação a proteção ambiental tem demandado a elaboração de novas estratégias para que o processo possua uma maior segurança ambiental. Assim, técnicas que permitam o processo de beneficiamento *in situ* próximo a lavra de extração favorece a obtenção de um rejeito composto por argilominerais dispersos, já

processado e seco (Torta de Argila - TA). A falta de estrutura da Torta de Argila é um desafio para sua utilização na construção dos Tecno-solos. Este processo tem sido desenvolvido por empresas do setor e apresenta um potencial de serem usados na reconfiguração da área por meio da construção de Tecno-solos. Os Tecno-solos são caracterizados por uma forte influência antropogênica e conter 20 % ou mais de materiais tecnogênicos nos primeiros 100 cm da superfície do solo. Estes, formam um novo grupo de solos segundo a FAO (FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2006).

No entanto, esse material é composto principalmente por argilominerais com baixo teor de C e nutrientes, afetando drasticamente o estabelecimento de organismos vivos no novo sistema. Desta forma, o mesmo poderá ser misturado com fontes orgânicas alternativas que propiciem o estabelecimento das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo promovendo um habitat ao desenvolvimento de microrganismos, fauna e vegetação. Pesquisas anteriores sugerem o uso de resíduos para a recuperação da vegetação em solos afetados pela mineração (LARNEY & ANGERS, 2012). O uso da cama de aviário com adubo por longos períodos pode ser observar a melhoria nos atributos do solo, elevando sua fertilidade, sendo que a maioria destes benefícios são atribuídos à matéria orgânica, a qual influencia todas as propriedades do solo, tais como: aumento da capacidade de troca catiônica; além de proporcionar a melhoria na estrutura, caracterizada pela diminuição de densidade do solo, aumento da porosidade e da taxa de infiltração de água, aumentando a capacidade do solo em armazenar água. A aplicação de resíduos orgânicos como a cama de aviário isolada ou combinada com outros resíduos tem forte efeito positivo no estabelecimento de plantas de cobertura (VILAS BOAS, ALMEIDA, TEIXEIRA, SOUZA, & SILVA, 2018).

A adição de resíduos orgânicos aumenta o teor de carbono orgânico do solo, aumentando a capacidade efetiva de troca catiônica do solo, como normalmente observado em ecossistemas tropicais (SANCHEZ & LOGAN, 1992). Segundo KORNDORFER & ANDERSON (1997) o uso da torta de filtro (subproduto da produção de açúcar/álcool) promove alterações positivas nos atributos químicos do solo, tais como elevação da capacidade de troca catiônica, da saturação por bases, diminuição nos teores de alumínio trocável e aumento na disponibilidade de Ca e P. Por sua vez, de acordo com LEHMANN; RONDON (2006), a aplicação do carvão é uma forma sustentável de melhorar os solos altamente degradados.

A aplicação do carvão foi proposta como forma sustentável de melhorar solos altamente degradados (LEHMANN; RONDON, 2006). Segundo os autores, o biocarvão é um condicionador do solo que favorece o crescimento da planta, retendo os nutrientes que seriam

lixiviados e disponibilizando-os para a cultura por mais tempo. Descrito como um possível meio para melhorar a fertilidade do solo, principalmente, por aumento do pH em solos ácidos e da capacidade de troca catiônica (VAN ZWIETEN et al., 2010, Andrade et al., 2015); para sequestrar carbono e assim mitigar as mudanças climáticas (LEHAMANN, 2007); para aumentar e diversificar a população microbiana (O' NEILL et al., 2009); para aumentar o conteúdo de água disponível no solo e reduzir a densidade do solo (BARONTI et al., 2014); além da adsorção de metais pesados e redução de contaminantes na solução do solo (BEESLEY e MARMIROLI, 2011, CHEN et al., 2014). A serragem pode ser usada como fertilizante orgânico, e seus nutrientes podem ser reciclados por meio do sistema solo-planta. Porém seu uso como condicionador de solos é limitado pela lentidão com que este material é degradado em condições naturais e a relativa estabilidade estrutural dos componentes da madeira, como a lignina e a celulose (BRANCO et al., 2005).

A utilização dos resíduos orgânicos favorece consideravelmente o desenvolvimento vegetal em substratos minerados, pois além do fornecimento de nutrientes, aumenta os teores de matéria orgânica do solo (MOS), a atividade microbiana e a capacidade de retenção de água dos solos. Frequentemente, a escolha dos resíduos como cama de aviário, serragem, torta de filtro e biocarvão deverá ser norteada conforme a disponibilidade local, uma vez que a maior parte desses resíduos orgânicos destinados como aglomerantes orgânicos constitui subproduto da cadeia produtiva de outras atividades do setor.

No entanto, alguns desses aglomerantes orgânicos poderá possuir elevado teor de N e P, o qual requer cautela devido a seu potencial poluidor de recursos hídricos (BASSO *et al.*, 2005). Assim, a resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece limites quanto a presença destes elementos nas águas e a produção de lixiviados ocasionado pela aplicação de resíduos orgânicos ao solo deverão ser monitorados para que não ocorra a contaminação do lenço freático e água superficiais.

Apesar do grande potencial de utilização da TA na construção de Tecno-solos de áreas degradadas pela mineração de Bauxita, pouco é conhecido sobre fontes e proporções de resíduos orgânicos que possibilitam promover um arranjo das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo a ponto de não comprometer o desenvolvimento de plantas e desempenhar uma segurança ambiental quanto a qualidade do lixiviados.

Neste contexto, o presente estudo apresenta como hipótese: i) o uso de cama de aviário como resíduo orgânico em proporções de 20:80 % com a Torta de Argila promoverá um melhor desenvolvimento de plantas; ii) o uso de torta de filtro como resíduo orgânico em proporções

de 20:80 % com a TA promoverá um melhor desenvolvimento de plantas de milho; iii) o uso de serragem como resíduo orgânico em proporções de 20:80 % com a TA promoverá um melhor desenvolvimento de plantas de milho; iv) o uso de biocarvão como resíduo orgânico em proporções de 20:80 % com a TA promoverá menores perdas de N-NH_4^+ , N-NO_3^- e P pelos lixiviados. Assim, nosso objetivo foi avaliar o desenvolvimento da cultura de plantas de milho cultivadas em Tecno-solos construídos com diferentes proporções de resíduos orgânicos (cama de aviário, serragem, torta de filtro e biocarvão) misturados a TA, além dos teores de N-NH_4^+ , N-NO_3^- ; P e turbidez nos lixiviados durante os 35 dias de cultivo do milho.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Instalação do experimento

O estudo foi desenvolvido em casa de vegetação do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, entre os meses de dezembro e janeiro dos anos 2021/2022. O experimento foi composto por 22 tratamentos constituídos por diferentes combinações (0, 10, 15 e 20 %) de resíduos orgânicos (cama de aviário, torta de filtro, serragem e biocarvão) e Torta de Argila - TA (Tabela 1), conduzidos em delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. As combinações foram aplicadas em quantidade equivalente a 20 % da massa de Tecno-solo (0,4 m de profundidade), sendo 80 % constituído de Torta de Argila.

Tabela 1. Resíduos orgânicos incorporados a Torta de Argila

Tratamento	Cama (CM)	Serragem (SE)	T. filtro (TF)	Carvão (CV)
% massa				
1	0	0	0	0
2	0	0	0	20
3	0	0	5	15
4	0	0	10	10
5	0	0	15	5
6	0	0	20	0
7	0	5	0	15
8	0	5	15	0
9	0	10	0	10
10	0	10	10	0
11	0	15	0	5
12	0	15	5	0

13	0	20	0	0
14	5	0	0	15
15	5	15	0	0
16	10	0	0	10
17	10	0	10	0
18	10	10	0	0
19	15	0	0	5
20	15	0	5	0
21	15	5	0	0
22	20	0	0	0

Proporção de resíduo orgânico adicionado a Torta de Argila.

A obtenção da TA proveniente da extração de Bauxita foi realizada pela Companhia Brasileira de Alumínio (CBA) no município de São Sebastião da Vargem Alegre – MG, Brasil (21° 03' 34" S, 42° 34' 01" O, 850 m de elevação), onde predomina a classe de solo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico. As reservas de Bauxita se encontram nos topos de morro e nas meia-encostas do relevo típico de “mares de morros”. Logo extraído, o minério foi transportado por caminhões até a planta de beneficiamento, onde foi britado e direcionado ao processo de desagregação com água em tambores, lavadores ou scrubbers. Após a desagregação, o minério passou por peneiras de 6,35 e 0,85 mm. A fração que passou pelos dois peneiramentos (rejeito) foi destinada ao desaguamento (DEURSEN, 2016), realizado por centrífugas do tipo Decanter, onde ocorre a concentração de 70 a 75 % dos sólidos formando a Torta de Argila (os 30 a 25 % dos sólidos não concentrados retorna ao sistema na água de reuso no processo de desagregação e lavagem da Bauxita). Após coletada, a Torta de Argila foi seca ao ar e passada em peneira de 4 mm e analisada quanto suas características químicas e física (Tabela 2 e 3).

Tabela 2. Caracterização química da Torta de Argila

TA	pH H ₂ O	pH KCl	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	t	T	v	m
		 mg dm ⁻³ cmol _c dm ⁻³ %			
	5,48	5,64	2,20	7,00	0,00	0,28	0,10	0,00	1,50	0,40	0,40	1,90	21,10	0,00

Tabela 3. Caracterização física da Torta de Argila

TA	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classificação
 kg/kg				textural
	0,279	0,240	0,205	0,276	Franco-Argilo-Arenosa

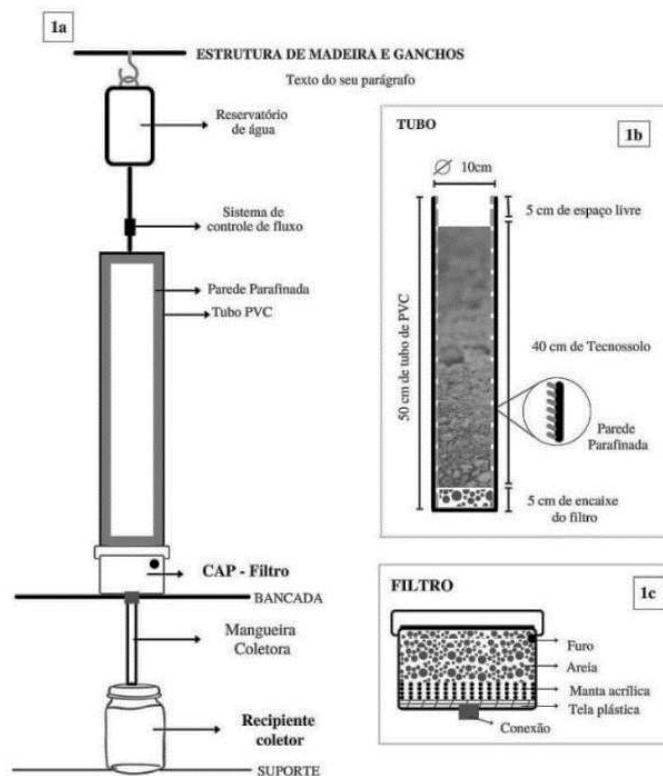
Os aglomerantes orgânicos escolhidos para a condução desse trabalho foram constituídos de resíduos que se encontram disponíveis em abundância na região próxima a mina de extração da Bauxita. A cama de aviário foi obtida de um lote com 30.000 aves em um único ciclo, composta por maravalha com partículas de 3 cm originadas do beneficiamento de madeiras como pinus (*Pinus spp*) ou eucalipto (*Eucalyptus spp*), acrescida por excretas, penas e resto de alimentos das aves, contribuindo para a melhoria da sua qualidade química. A serragem é um material constituído por pequenas partículas de madeira obtido no “fio da serra” (EMBRAPA. Circular técnica n.º 16), proveniente do beneficiamento da madeira do eucalipto (*Eucalyptus spp*). O fino de carvão é um subproduto da indústria carvoeira resultante do processo de queima ou carbonização de madeira de reflorestamento, como o eucalipto (*Eucalyptus spp*). A torta de filtro é um subproduto do processo de produção da indústria sucroalcooleira, composto por partículas de bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e outros resíduos do processo de produção do açúcar/etanol. As caracterizações dos resíduos orgânicos foram realizadas no Laboratório de Matéria Orgânica do Departamento de Solos da UFV (Tabela 4).

Tabela 4. Caracterização química dos resíduos orgânicos

Aglomerante orgânico	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Zn	Mn
dag kg ⁻¹ mg kg ⁻¹			
C. aviário (CM)	1,32	0,23	1,75	0,71	0,19	0,21	0,09	12,38	298,23	72,45	138,10
Serragem (SE)	0,14	0,11	3,53	0,44	0,05	0,05	0,01	4,12	462,75	10,28	72,15
T. filtro (TF)	1,01	0,35	3,22	1,32	0,14	0,25	0,01	12,90	3991,07	44,88	285,60
Carvão (CV)	0,72	0,17	3,07	0,57	0,11	0,07	0,01	2,66	175,95	11,68	129,03

Como unidades experimentais, foram utilizadas colunas de PVC (10 cm de diâmetro e 50 cm de altura) (Figura 1), nas quais as paredes internas das colunas foram revestidas com uma camada de parafina a fim de criar rugosidade e evitar algum caminho preferencial para o escoamento (Figura 1b). Em sua base, foi acoplado um “cap” instalando um filtro com 5 cm de altura, composto de areia média (0,5 mm), manta acrílica e tela de polietileno (Figura 1c). Para a drenagem dos lixiviados, foram usadas mangueiras de PVC de 6,35 mm de diâmetro e reservatório coletor com capacidade de 1.000 mL. As colunas foram acomodadas sobre bancadas de madeira, a 80 cm do solo. Para a irrigação, utilizou-se gotejador do tipo equipo, com reservatório de água deionizada e capacidade para 500 mL (Figura 1).

Figura 1. Esquema de montagem da coluna de lixiviação usada no experimento



A Torta de Argila foi previamente seca ao ar e passada em peneira de 4 mm, sendo corrigida com óxido de cálcio (CaO), óxido de magnésio (MgO), para uma saturação de bases de 70 %. Posteriormente foi adicionado 860,00 mg de gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) por quilo de Torta de Argila e correção química via solução nutritiva (NOVAIS, 1991).

Os resíduos orgânicos foram secos ao ar, triturados e passados em peneiras com malha de 4 mm, descartando a fração retida > 4 mm. Os Tecno-solos (Tabela 1) mantiveram a proporção, em massa, de 20:80 % (Resíduo orgânico: Torta de Argila). Todos os materiais foram pesados, homogeneizados e cuidadosamente acondicionados nas colunas de PVC. Após o preenchimento das colunas com os Tecno-solos, as bases dos tubos foram imersas em água deionizadas (condutividade elétrica < $8 \mu\text{S cm}^{-1}$), por um período de 48 horas, a fim de elevar o teor de umidade por capilaridade, evitando a formação de bolsões de ar e o rompimento dos microagregados. Passado as 48 h, as colunas foram drenadas e os Tecno-solos mantidos a 70 % da capacidade de campo. As colunas com os Tecno-solos receberam, diariamente, 100 mL

de água deionizada, o suficiente para manter o desenvolvimento das plantas de milho e, a cada 7 dias, foram aplicados 500 mL de água deionizada, simulando precipitações de 63 mm em um período de 12 h, em fluxo contínuo de $0,50 \text{ mL min}^{-1}$, correspondendo a uma precipitação anual de 1.200 mm.

Após a primeira simulação, 5 sementes do milho híbrido BM 709 foram semeadas nas unidades experimentais. O uso de plantas no condicionamento do Tecno-solo é fundamental para relacionar a qualidade nutricional e estabilidade física do solo em médio e longo prazo, promovendo a agregação entre partículas, redução de perdas de nutrientes por lixiviação. Depois de 5 dias de germinação, fez-se os desbastes das plantas menos vigorosas, deixando 2 plantas por unidade experimental. Estas foram conduzidas por 35 dias, quando foram colhidas e avaliadas quanto produção de matéria seca da parte aérea e das raízes.

2.2. Análise química dos lixiviados e Tecno-solos

As soluções lixiviadas nas colunas foram coletadas ao longo de 4 semanas, aos 7º, 14º, 21º e 28º dias. Após cada coleta, procedeu-se à aferição do volume lixiviado com o uso de proveta de 1.000 mL. Para as determinações de pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) e turbidez (Unidade Nefelométrica de Turbidez - NTU), foram usados equipamentos de bancada. Um volume de 200 mL foi reservado em recipiente de plástico e congelado para as análises de: i) fósforo (P) por ICP-OES, após digestão em ácido nítrico e peróxido de hidrogênio (EMBRAPA, 2015); ii) nitrato (N-NO_3^-) e amônio (N-NH_4^+) (MIRANDA; ESPEY; WINK, 2001), pelo método de análise e determinação de nutrientes em microplacas (ARIDLANDS ECOLOGY LABORATORY PROTOCOL, 2010).

Nas amostras de Tecno-solos, foram avaliados os valores de pH em água (1:2,5); a acidez trocável (Al^{3+}) extraída com $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$; a acidez potencial (H+Al) extraída com acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ em pH 7; o P e K extraídos com Mehlich-1 e dosados por espectrometria de absorção molecular e espectrofotometria de chama, respectivamente; para o nitrato (N-NO_3^-) e amônio (N-NH_4^+) extraído com $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$, (MIRANDA; ESPEY; WINK, 2001), pelo método de análise e determinação de nutrientes em microplacas (ARIDLANDS ECOLOGY LABORATORY PROTOCOL, 2010); após o extrato ter sido filtrado em filtro de $0,45 \mu\text{m}$ de acetato de celulose.

2.3. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a testes para a verificação da normalidade (Shapiro- Wilk $p < 0,05$) e homoscedasticidade (Spearman Rank $p < 0,5$) para então seguir com as análises da estatística paramétrica. Na sequência, foi realizado a análise de variância (ANOVA) a 5 % de probabilidade e curvas de regressões foram ajustadas para o comportamento da mMSPA, mMSR, teores de N-NH_4^+ , N-NO_3^- e P nos Tecno-solos e N-NH_4^+ , N-NO_3^- , P e turbidez nos lixiviados em função das diferentes proporções (%) de resíduos orgânicos utilizados. Para todos os parâmetros foram análises regressão usando a formulas ($y = a_2 x^2 + a_1 x + a$) entre a produção (mMSPA, mMSR, teores de N-NH_4^+ , N-NO_3^- e P no Tecno-solo e N-NH_4^+ , N-NO_3^- , P e turbidez nos lixiviados), e as doses de resíduos orgânico Equação 1.

$$x' = \frac{a_1 - \text{relação de resíduo}}{2 \cdot (-a_2)} \quad \text{Equação 1.}$$

2.3. Biomassa de parte aérea e raízes do milho

Após a desinstalação do experimento, a biomassa vegetal da parte aérea e as raízes foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até obtenção da massa constantes (5 dias), e então pesadas para a obtenção da massa de matéria seca da parte aérea (mMSPA) e massa de matéria seca das raízes (mMSR).

A determinação da dose mais econômica do resíduo orgânico para a produção máxima de mMSPA de milho, foi realizada usando com base a relação de troca do resíduo orgânico e a produção, considerando a equação de segundo grau em função de doses de resíduo orgânico e a produtividade. As doses mais econômicas foram calculadas com base na derivada da equação de regressão ($y = a_2 x^2 + a_1 x + a$) entre a produção mMSPA de milho e as doses de resíduos orgânico, tornando-a igual à relação de resíduos, ou seja: $dy/dx = a_1 + 2 \cdot a_2 x = \text{relação de resíduos}$. A dose mais econômica (x') foi calculada conforme a Equação 1.

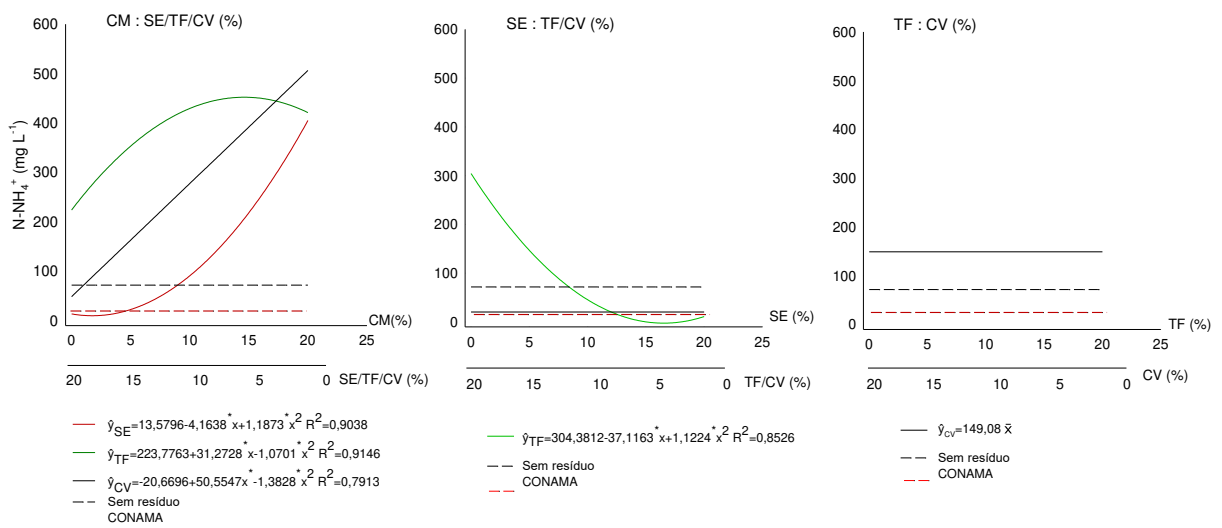
3. RESULTADOS

3.1 Teores de N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, P e Turbidez dos lixiviados dos Tecno-solos

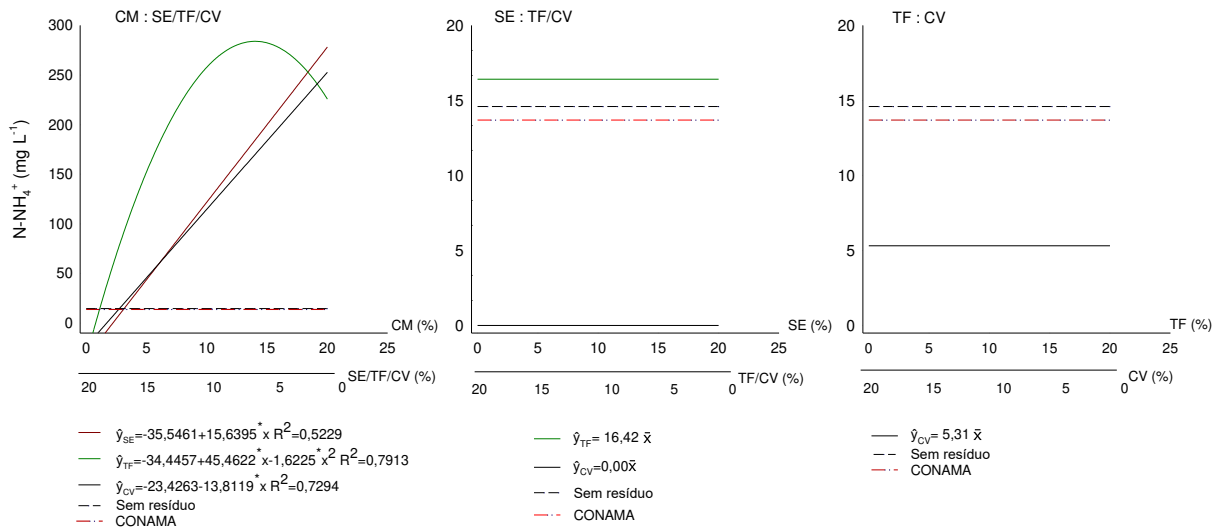
Na Figura 2 estão apresentados os teores de N-NH₄⁺ encontrado nos lixiviados produzidos por diferentes Tecno-solos construídos com Torta de Argila e resíduos orgânicos. A combinação de doses de CM : SE, TF e CV, obtiveram valores superiores ao tratamento controle e ao recomendado pela resolução CONAMA 375/2005 (5 mg L⁻¹ de N-NH₄⁺). Por outro lado, a combinação de doses de SE : TF e CV foram inferior ao tratamento controle, o mesmo ocorrido na combinação TF : CV que ficou abaixo do controle. O mesmo comportamento pode ser observado na 4^a lixiviação onde os valores foram menores nas combinações que tinham carvão, exceto na presença de cama de aviário.

Figura 2: Teor de Amônio (N-NH₄⁺; mg L⁻¹) presente na solução lixiviada pós-precipitação durante o cultivo do milho em Tecno-solos produzidos por diferentes combinações de resíduos orgânicos (Cama de aviário – CM; Serragem – SE; Torta de filtro – TF e Carvão – CV) incorporados a Torta de Argila – TA em diferentes porcentagens (0, 5, 10, 15 e 20 %; m m⁻¹) após a primeira coleta de lixiviados (7 dias). * significativo a 5 % e ^{ns} não significativo, respectivamente.

1^a Lixiviação



4ª lixiviação



Na Tabela 6 estão apresentados os valores $N-NH_4^+$ de lixiviados produzidos em Tecno-solos construído com resíduos orgânicos incorporados a Torta de Argila. As doses tem como referentes a máxima eficiência econômica na produção de massa seca milho em 35 dias de cultivo.

Tabela 6: Teor de $N-NH_4^+$ mg L⁻¹ na 4ª lixiviação (28 dias) em Produção máxima (\hat{y}_{max}) da massa de matéria seca da parte aérea do milho (mMSPA), porcentagem da combinação de resíduos para obtenção de \hat{y}_{max} , produção de 90 % da mMSPA ($\hat{y}_{90\%}$) e dose de resíduo para obtenção de $\hat{y}_{90\%}$ (DMEE) em Tecno-solos produzidos por diferentes combinações de resíduos orgânicos (Cama de aviário – CM; Serragem – SE; Torta de filtro – TF e Carvão – CV) incorporados a Torta de Argila – TA em diferentes porcentagens (0, 5, 10, 15 e 20 %; m m⁻¹)

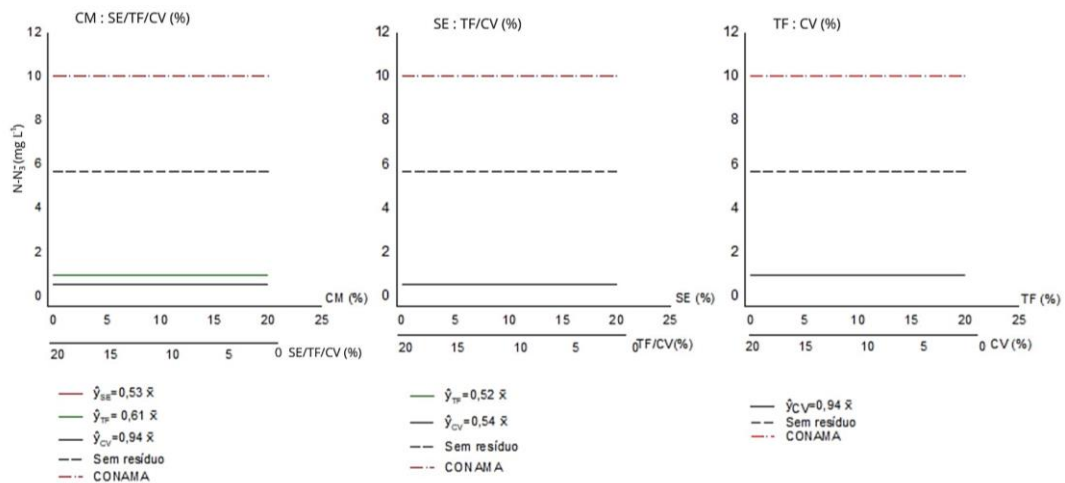
RESÍDUO	X_{max}	\hat{y}_{max}	$\hat{y}_{90\%}$	Dose 90 %	
	(%)	(mg/L)	(mg/L)	(%)	
CM x SE	0,00	35,55	31,99	CM 4,32 SE 15,68	TF 0,00 CV 0,00
CM x TF	14,01	284,02	255,61	CM 9,83 TF 10,17	SE 0,00 CV 0,00
CM x CV	20,00	252,81	227,53	CM 18,17 CV 1,83	SE 0,00 TF 0,00
SE x TF	0,00	19,33	17,39	SE 0,95 TF 19,05	CM 0,00 CV 0,00
SE x CV	-	-	-	-	CM 0,00 TF 0,00
TF X CV	-	-	-	-	CM 0,00 SE 0,00

Na Figura 3 estão apresentados os teores de $N-NO_3^-$ mg L⁻¹ encontrado na solução lixiviada após a 1ª e 4ª lixiviação no Tecno-solo construído com diferentes combinações de resíduos orgânicos e Torta de Argila. Os teores de $N-NO_3^-$ não tiveram ajuste. Todos os

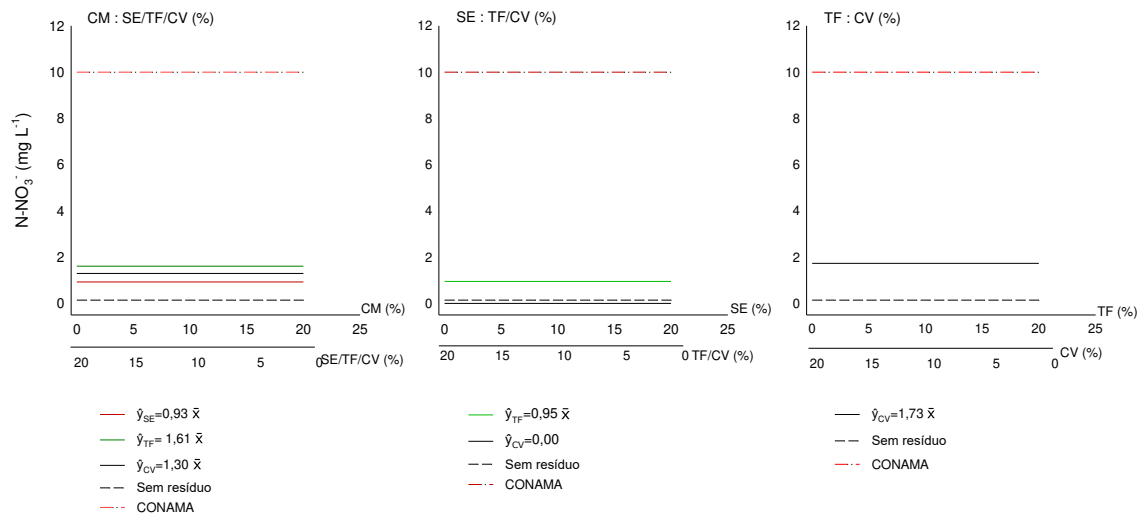
tratamentos foram observados valores inferiores ao controle e a resolução (10 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻) CONAMA 375/2005.

Figura 3: Teor de N-NO₃⁻ mg L⁻¹ presente na solução lixiviada durante o cultivo do milho em Tecno-solos produzidos por diferentes combinações de resíduos orgânicos (Cama de aviário – CM; Serragem – SE; Torta de filtro – TF e Carvão – CV) incorporados a Torta de Argila – TA em diferentes porcentagens (0, 5, 10, 15 e 20 %; m m⁻¹) após a primeira (7dias) e quarta (28 dias) coleta de lixiviados. * significativo a 5 % e ^{ns} não significativo, respectivamente.

1ª Lixiviação



4ª Lixiviação



As doses são referentes a máxima eficiência econômica na produção de massa seca milho em 35 dias de cultivo (Tabela 7).

Na Tabela 7 estão apresentados os valores $N-NO_3^-$ de lixiviados produzidos em Tecno-solos construído com resíduos orgânicos incorporados a Torta de Argila. As doses tem como referentes a máxima eficiência econômica na produção de massa seca milho em 35 dias de cultivo.

Tabela 7: Teores de $N-NO_3^-$ $mg L^{-1}$ na 4ª lixiviação (28 dias), em Tecno-solo para a Produção máxima (\hat{y}_{max}) da massa de matéria seca da parte aérea do milho (mMSPA), porcentagem da combinação de resíduos para obtenção de \hat{y}_{max} , produção de 90 % da mMSPA ($\hat{y}_{90\%}$) e dose de resíduos para obtenção de $\hat{y}_{90\%}$ (DMEE) em Tecno-solos produzidos por diferentes combinações de resíduos orgânicos (Cama de aviário – CM; Serragem – SE; Torta de filtro – TF e Carvão – CV) incorporados a Torta de Argila – TA em diferentes porcentagens (0, 5, 10, 15 e 20 %; $m m^{-1}$)

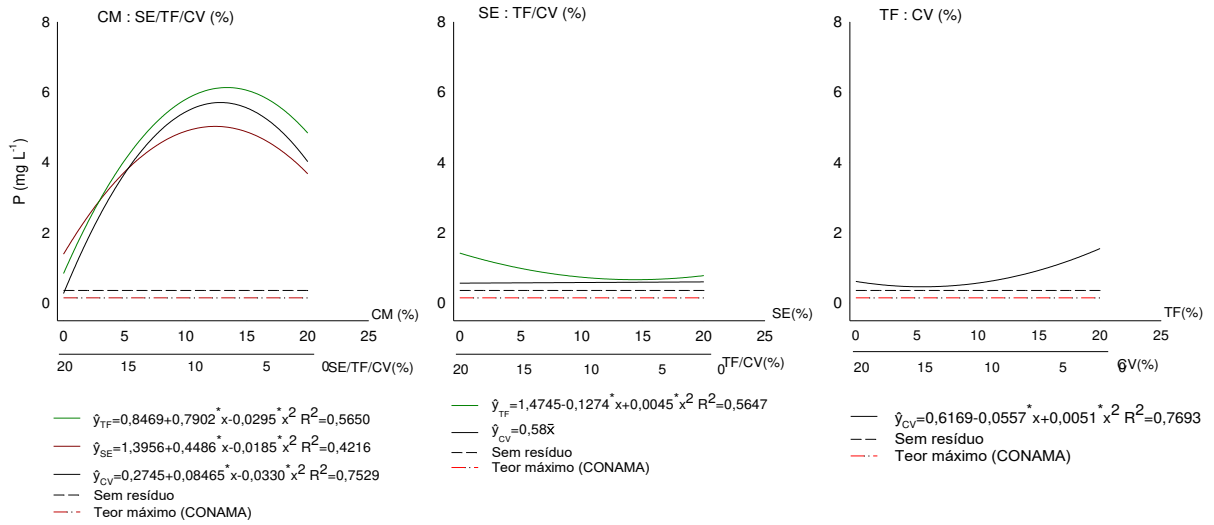
RESÍDUO	X_{max} (%)	\hat{y}_{max} ($mg L^{-1}$)	$\hat{y}_{90\%}$ ($mg L^{-1}$)	Dose 90 % (%)	
CM x SE	21,19	1,06	0,94	CM 20,00 SE 0,00	TF 0,00 CV 0,00
CM x TF	0,00	1,95	1,76	CM 2,57 TF 17,43	SE 0,00 CV 0,00
CM x CV	20,00	1,38	1,24	CM 17,81 CV 2,19	SE 0,00 TF 0,00
SE x TF	20,00	10,37	9,34	SE 0,00 TF 20,00	CM 0,00 CV 0,00
SE x CV	-	-	-	-	-
TF X CV	20,00	2,31	2,08	TF 17,09 CV 2,91	CM 0,00 SE 0,00

CM- Cama de aviário; SE-Serragem; TF-Torta de filtro e CV-Carvão

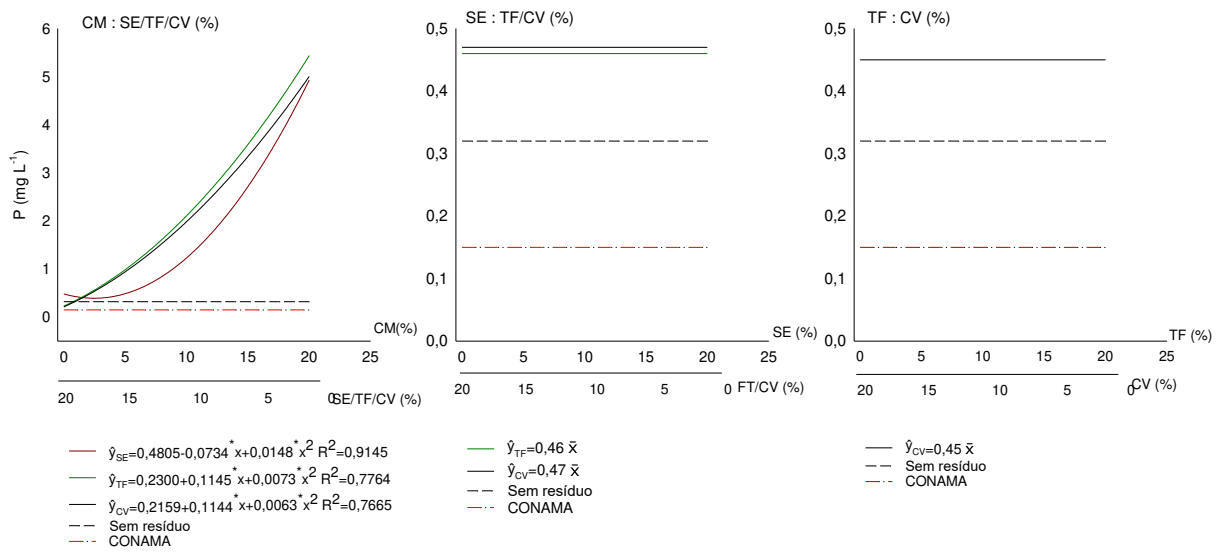
Na figura 4 as combinações entre CM : SE, CM : TF e CM : CV apresentam um comportamento quadrático positivo nas duas lixiviações, de modo que à medida que o teor de CM aumenta, há um incremento no teor de P-total na solução, podendo chegar a valores superiores a $6,14 mg L^{-1}$ na primeira lixiviação e $0,57 mg L^{-1}$ de P na quarta lixiviação (Figura 9). A combinação entre SE : TF e SE : CV apresentaram comportamentos quadrático negativo e linear respectivamente na primeira lixiviação. Porém na quarta lixiviação houve um comportamento linear na negativo para SE x TF e linear positivo para SE : CV. Por outro lado, a combinação entre TF : CV obteve um comportamento quadrático negativo, à medida que aumenta a dose de CV, reduz o teor de P-total do solo.

Figura 4: Teores de P $mg L^{-1}$ presente na solução lixiviada durante o cultivo do milho em Tecno-solos produzidos por diferentes combinações de resíduos orgânicos (Cama de aviário – CM; Serragem – SE; Torta de filtro – TF e Carvão – CV) incorporados a Torta de Argila – TA em diferentes porcentagens (0, 5, 10, 15 e 20 %; $m m^{-1}$) após a primeira (7 dias) e quarta (28 dias) coleta de lixiviados. * significativo a 5 % e ^{ns} não significativo, respectivamente.

1ª Lixiviação



4ª Lixiviação



Na (Tabela 8) estão apresentados os teores de P mg L⁻¹, produzidos em lixiviados de Tecno-solos construídos com resíduos orgânicos que foram incorporados a Torta de Argila.

Tabela 8: Teores de P mg L⁻¹ na 4ª lixiviação (28 dias), para a Produção máxima (\hat{y}_{max}) da massa de matéria seca da parte aérea do milho (mMSPA), porcentagem da combinação de resíduos para obtenção de \hat{y}_{max} , produção de 90 % da mMSPA ($\hat{y}_{90\%}$) e dose de resíduos para obtenção de $\hat{y}_{90\%}$ (DMEE) em Tecno-solos produzidos por diferentes combinações de resíduos orgânicos (Cama de aviário – CM; Serragem – SE; Torta de filtro – TF e Carvão – CV) incorporados a Torta de Argila – TA em diferentes porcentagens (0, 5, 10, 15 e 20 %; m m⁻¹).

RESÍDUO	X_{max} (%)	\hat{y}_{max} (mg L ⁻¹)	$\hat{y}_{90\%}$ (mg L ⁻¹)	Dose 90 % (%)	
CM x SE	0,00	0,48	0,43	CM 4,18 SE 15,82	TF 0,00 CV 0,00
CM x TF	0,00	0,23	0,21	CM 15,48 TF 4,62	SE 0,00 CV 0,00
CM x CV	0,00	0,22	0,19	CM 17,97 CV 2,03	SE 0,00 TF 0,00
SE x TF	–	0,46	–	–	CM 0,00 CV 0,00
SE x CV	–	0,46	–	–	CM 0,00 TF 0,00
TF x CV	20,00	0,52	0,47	TF 17,75 CV 7,25	CM 0,00 SE 0,00

3.2 Turbidez presente nos lixiviados da 1ª e 4ª coleta

Os valores de turbidez (UNT) presente na solução lixiviada durante o cultivo do milho em Tecno-solos constituído por diferentes proporções de resíduos orgânicos (Cama de aviário – CM; Serragem – SE; Torta de filtro – TF e Carvão – CV) incorporados a Torta de Argila – TA. Os lixiviados obtiveram turbidez muito superior ao recomendado na 1ª lixiviação e inferior ao recomendado 4ª lixiviação segundo a resolução CONAMA 375/2005 (Imagem 1).

Figura 5: Comparação da turbidez entre a 1ª lixiviação (7 dias) e a 4ª lixiviação (28 dias)

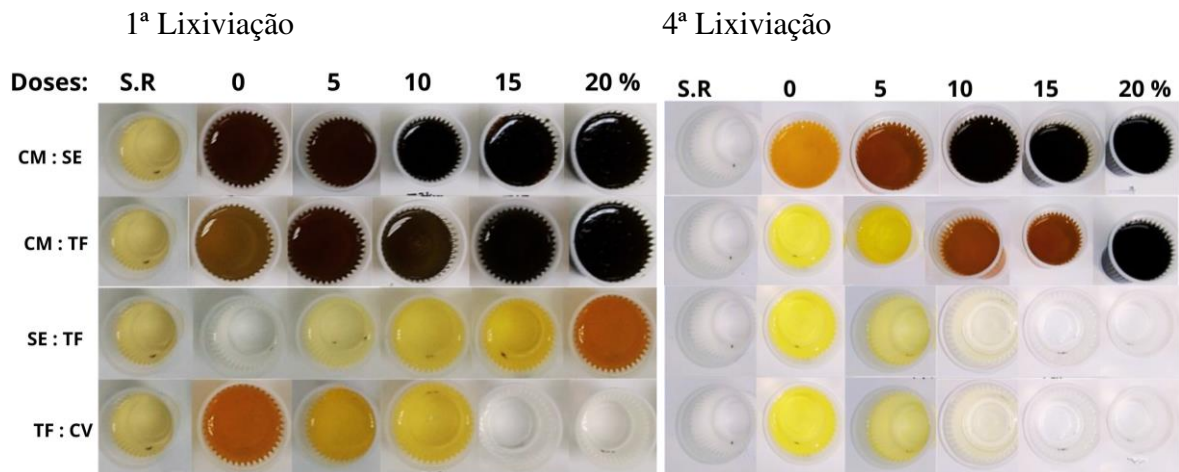
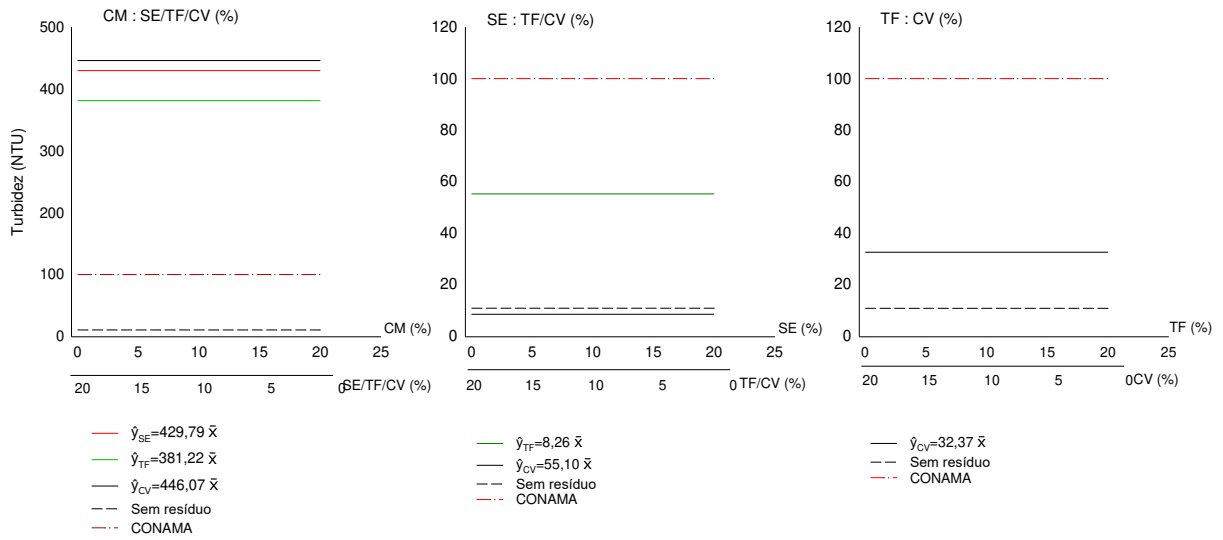
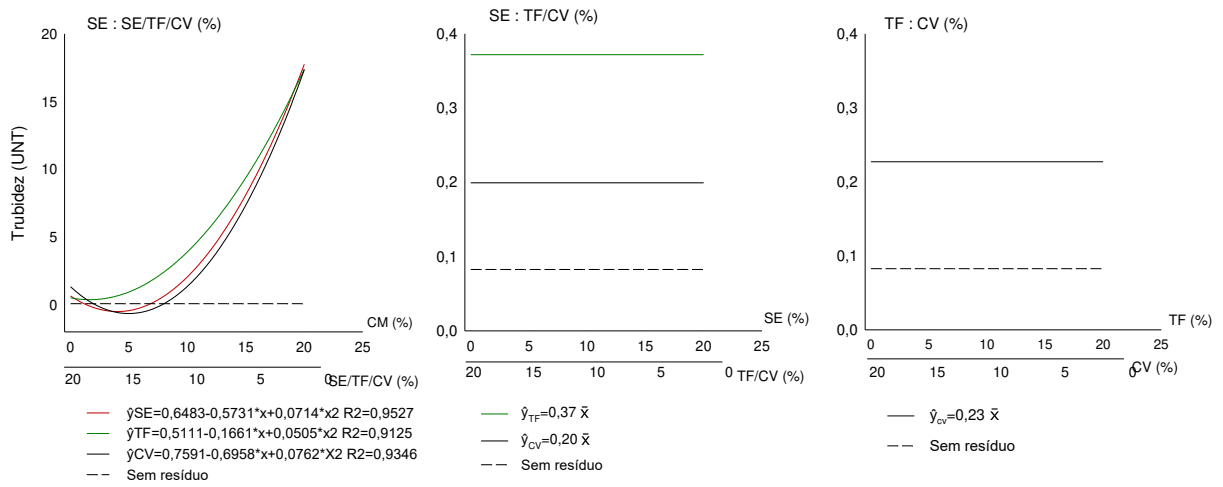


Figura 6: Valores de turbidez (UNT) presente na solução lixiviada durante o cultivo do milho em Tecossolos produzidos por diferentes combinações de resíduos orgânicos (Cama de aviário – CM; Serragem – SE; Torta de filtro – TF e Carvão – CV) incorporados a Torta de Argila – TA em diferentes porcentagens (0, 5, 10, 15 e 20 %; $m\ m^{-1}$) após a primeira (7 dias) e quarta (28 dias) coleta de lixiviados. * significativo a 5 % e ^{ns} não significativo, respectivamente.

1ª Lixiviação



4ª Lixiviação

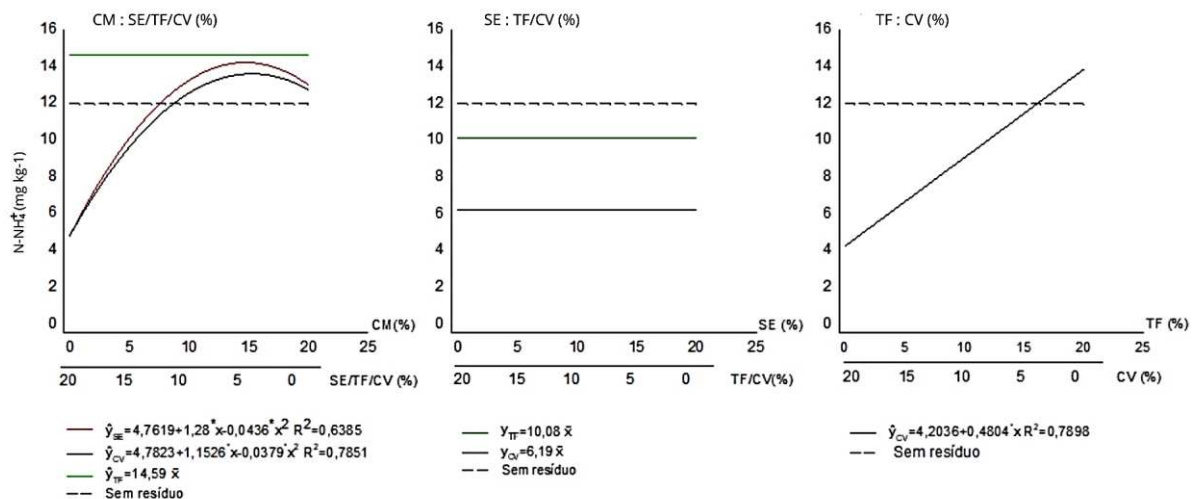


Análises complementares de dos lixiviados (volume, pH e condutividade elétrica) e do Tecno-solos (pH_{H2O}; pH em KCl; P; K⁺; Al³⁺; H + Al; SB; t; T; V ; m) encontra-se em anexo.

3.4 Teores de N-NH_4^+ , N-NO_3^- e P nos Tecno-solos

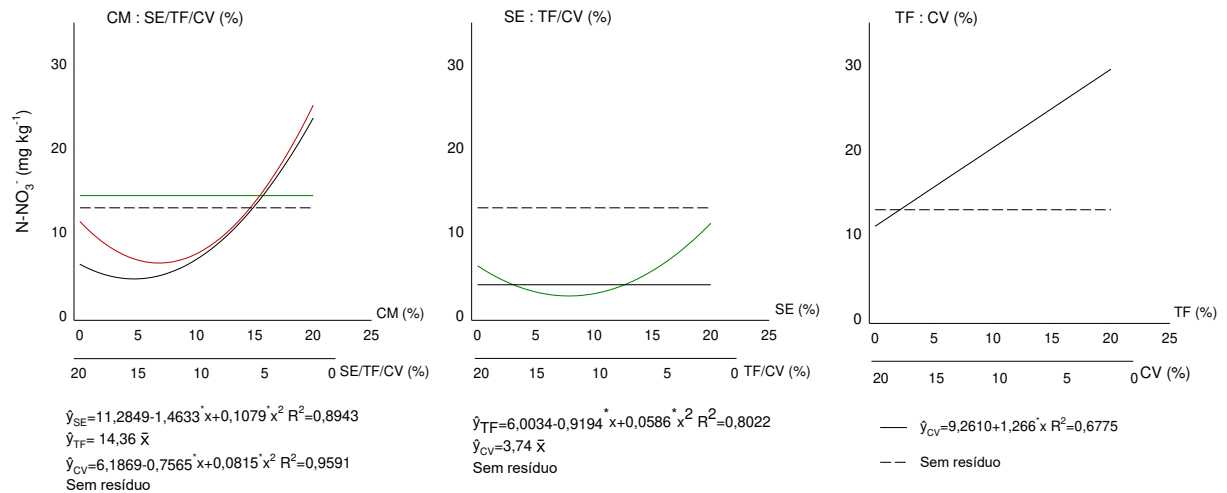
Na Figura 7 estão apresentados os teores de amônio encontrado nos Tecno-solos. A combinação de doses de CM : SE, TF, obtiveram valores superiores ao tratamento controle (12 mg kg^{-1} de N-NH_4^+) em algumas doses. Por outro lado, a combinação de doses de SE : TF e CV foram inferior ao tratamento controle; porém o teor de N-NH_4^+ em TF : CV ultrapassa o controle quando a dose foi superior 17,00 % de TF.

Figura 7: Teor de N-NH_4^+ ; mg kg^{-1} pós-cultivo em Tecno-solos produzidos por diferentes combinações de resíduos orgânicos (Cama de aviário – CM; Serragem – SE; Torta de filtro – TF e Carvão – CV) incorporados a Torta de Argila – TA em diferentes porcentagens (0, 5, 10, 15 e 20 %; m^{-1}). * significativo a 5 % e ^{ns} não significativo, respectivamente.



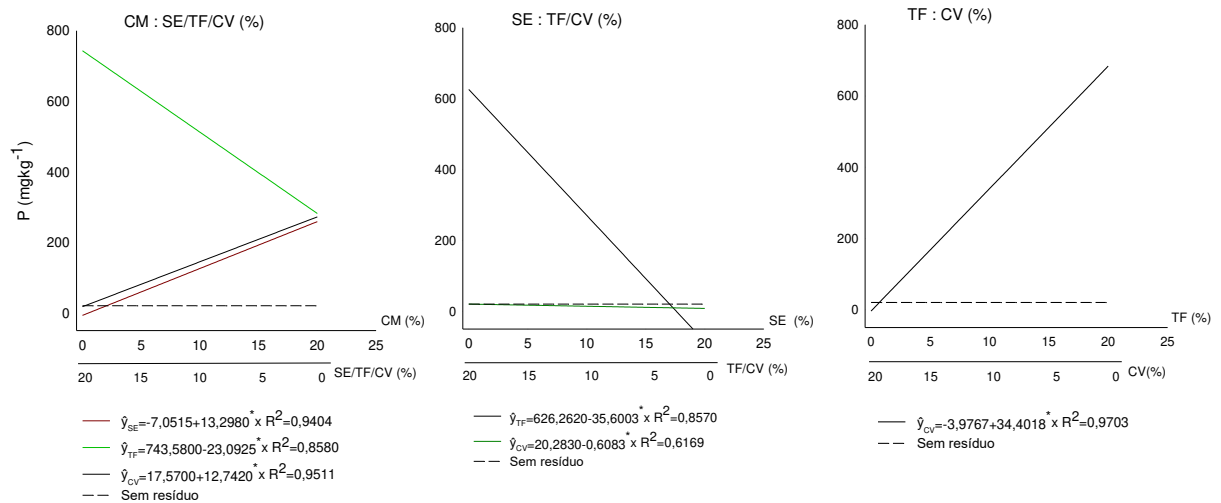
Na Figura 8 estão apresentados os teores de N-NO_3^- encontrado nos Tecno-solos constituído por diferentes proporções de resíduos orgânicos. A combinação de CM : SE, CV, obtiveram valores superiores ao tratamento controle quando as doses foram superiores a 15 % de CM, já a combinação de CM : TF todas as doses foram superiores ao controle. Por outro lado, a combinação de doses de SE : TF e CV foi inferior ao tratamento controle; o tratamento controle foi ultrapassado quando as doses TF foram superiores a 3%.

Figura 8: Teor de N-NO_3^- mg kg^{-1} pós-cultivo em Tecno-solos produzidos por diferentes combinações de resíduos orgânicos (Cama de aviário – CM; Serragem – SE; Torta de filtro – TF e Carvão – CV) incorporados a Torta de Argila – TA em diferentes porcentagens (0, 5, 10, 15 e 20 %; m^{-1}). * significativo a 5 % e ^{ns} não significativo, respectivamente.



As combinações entre CM : SE e CV, apresentam um comportamento linear positivo, de modo que à medida que o teor de CM aumenta, há um incremento no teor de P no Tecno-solos podendo chegar a valores superiores a 200 mg kg^{-1} (Figura 6). A combinação entre CM : TF expressa por um comportamento linear negativo diminuindo o teor de P quando aumenta as doses de CM. Por outro lado, a combinação entre TF : SE e CV obteve um comportamento linear positivo, à medida que aumenta a dose de TF.

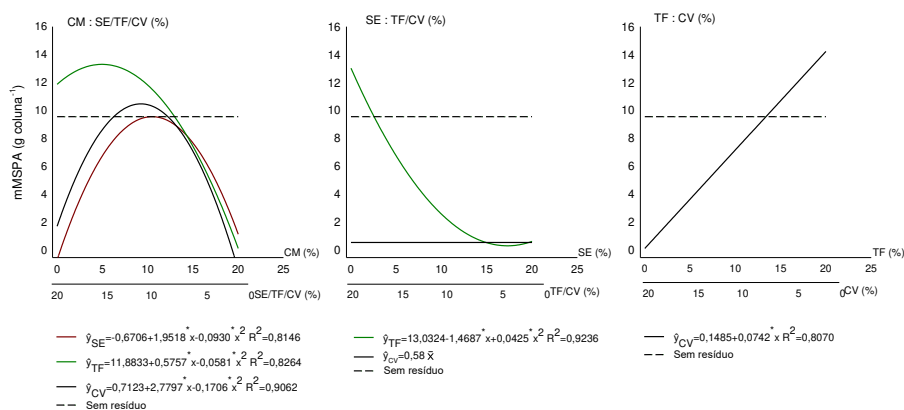
Figura 9: Teor de P (mg kg^{-1}) pós-cultivo em Tecno-solos produzidos por diferentes combinações de resíduos orgânicos (Cama de aviário – CM; Serragem – SE; Torta de filtro – TF e Carvão – CV) incorporados a Torta de Argila – TA em diferentes porcentagens (0, 5, 10, 15 e 20 %; m m^{-1}). * significativo a 5 % e ^{ns} não significativo, respectivamente.



3.1. Produção de massa de matéria seca da planta

A combinação das doses de CM : TF, CV e TF : SE, CV possibilitou produção de mMSPA superiores ao tratamento controle ($9,57 \text{ g coluna}^{-1}$) em algumas doses (Figura 2). Por outro lado, nenhuma combinação de doses de CM : SE e CV : SE foi superior ao tratamento controle.

Figura 10: Resposta da produção de massa de matéria seca da parte aérea do milho ($\text{mMSPA g coluna}^{-1}$) em Tecno-solos produzidos por diferentes combinações de resíduos orgânicos (Cama de aviário – CM; Serragem – SE; Torta de filtro – TF e Carvão – CV) incorporados a Torta de Argila – TA em diferentes porcentagens (0, 5, 10, 15 e 20 %; m m^{-1}). * significativo a 5 % e ^{ns} não significativo, respectivamente.



Por outro lado, a produção máxima de mMSPA (\hat{y}_{\max}) nas diferentes combinações seguiu a ordem decrescente de TF x CV > CM x TF > SE x TF > CM x CV > CM x SE > SE : CV (Tabela 4). A combinação entre TF : CV na dose de máxima produção (CM 0 : 20 TF) foi 25,6 % maior em relação ao tratamento controle.

Na (Tabela 9) estão apresentados os valores de produção de massa de matéria mMSPA de milho, em função das fontes de resíduos orgânicos usadas. Verifica-se um incremento na produção, que compara os tratamentos com resíduos orgânicos e o controle (sem resíduo), havendo superioridade para produção mMSPA de milho com a utilização dos resíduos orgânicos. Destaca-se, as produções obtidas com as doses mais econômicas, as combinações entre 17,98:2,02 % TF : CV; 19,83: 0,17 % TF : CM e 19,09: 0,91 % TF : SE; com um acréscimo na produção de mMSPA de 25,6 %, 17,49 % e 15,0 %, respectivamente. Isso significa que a aplicação das doses mais econômicas é viável permitindo uma produção significativa em relação ao controle sem resíduo.

A máxima eficiência econômica da mMSPA foi estimada com base na derivada da equação de regressão ($y = a_2 x^2 + a_1 x + a$) entre a produção mMSPA de milho e as doses de resíduos orgânico, tornando-a igual à relação de resíduos, ou seja: $dy/dx = a_1 + 2 \cdot a_2 x = \text{relação de resíduos}$. A dose mais econômica (x') foi calculada conforme a Equação 1.

$$x' = \frac{a_1 - \text{relação de resíduo}}{2 \cdot (-a_2)}$$

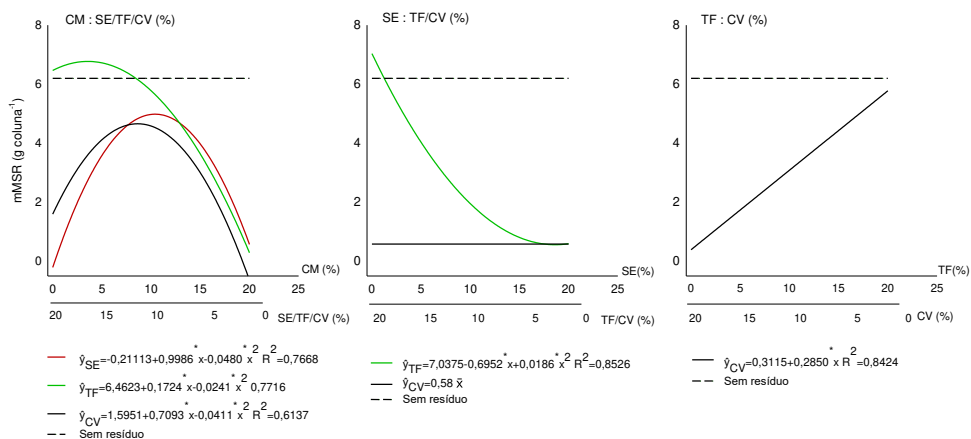
Equação 1.

Tabela 9. Produção máxima (\hat{y}_{\max}) da massa de matéria seca da parte aérea de milho (mMSPA), porcentagem da combinação de resíduos para obtenção de \hat{y}_{\max} , produção de 90 % da mMSPA ($\hat{y}_{90\%}$) e dose de resíduos para obtenção de $\hat{y}_{90\%}$ (DMEE) em Tecno-solos produzidos por diferentes combinações de resíduos orgânicos (Cama de aviário – CM; Serragem – SE; Torta de filtro – TF e Carvão – CV) incorporados a Torta de Argila – TA em diferentes porcentagens (0, 5, 10, 15 e 20 %; m m^{-1})

RESÍDUO	X_{\max} (%)	\hat{y}_{\max} (g coluna ⁻¹)	$\hat{y}_{90\%}$ (g coluna ⁻¹)	DOSE DE MÁXIMA EFICIENCIA ECONÔMICA - DMEE (%)	
S. resíduo	-	9,57	-	-	-
TF x CV	20,00	14,23	12,81	TF 17,98 CV 2,02	CM 0,00 SE 0,00
CM x TF	4,95	13,31	11,98	CM 0,17 TF 19,83	SE 0,00 CV 0,00
SE x TF	0,00	13,03	11,73	SE 0,91 TF 19,09	CM 0,00 CV 0,00
CM x CV	8,15	12,04	10,83	CM 6,04 CV 13,96	SE 0,00 TF 0,00
CM x SE	10,49	9,57	8,61	CM 7,29 SE 12,71	TF 0,00 CV 0,00
SE x CV	-	0,58	-	-	-

A combinação de doses de CM : TF e TF : SE obtiveram produção de massa de matéria seca de raiz superiores ao tratamento controle (6,96 g coluna⁻¹) em algumas doses (Figura 3). Por outro lado, as demais combinações de resíduos orgânicos em todas as doses foram inferiores ao tratamento controle.

Figura 11: Resposta da produção de matéria seca das raízes do milho (mMSR g coluna⁻¹) produzido em Tecno-solos constituído por diferentes combinações de resíduos orgânicos (Cama de aviário – CM; Serragem – SE; Torta de filtro – TF e Carvão – CV) incorporados a Torta de Argila – TA em diferentes porcentagens (0, 5, 10, 15 e 20 %; m m^{-1}). * significativo a 5 % e ^{ns} não significativo, respectivamente.



Na Tabela 10 estão apresentadas as doses de máxima produção e de máxima eficiência agrônômica (90 % da produção máxima de matéria seca da parte aérea) das diferentes combinações de resíduos orgânicos e as respectivas massa de matéria seca de raízes. A produção máxima de massa de matéria seca nas diferentes combinações em ordem decrescente foi SE : TF > CM : TF > TF : CV > CM : SE > CM : CV > SE : CV. A combinação entre CM : TF na dose de máxima produção (0,00:20,00 % CM : TF) foi 4,78 % maior do que o tratamento controle. A melhor resposta para produção de raiz foi obtida pela combinação de SE : TF com uma massa de 7,04 g coluna⁻¹, para o Tecno-solo com doses de 0,00:20,00 % SE : TF sendo a produção 1,15 % superior ao controle.

A máxima eficiência econômica da mMSR foi estimada com base na derivada da equação de regressão ($y = a_2 x^2 + a_1 x + a$) entre a produção mMSR de milho e as doses de resíduos orgânico, tornando-a igual à relação de resíduos, ou seja: $dy/dx = a_1 + 2a_2 x = relação\ de\ resíduos$. A dose mais econômica (x') foi calculada conforme a Equação 1.

Tabela 10. Produção máxima (\hat{y}_{max}) da massa de matéria seca de raízes de milho (mMSR), porcentagem da combinação de resíduos para obtenção de \hat{y}_{max} , produção de 90 % da mMSR ($\hat{y}_{90\%}$) e dose de resíduos para obtenção de $\hat{y}_{90\%}$ (DMEE) em Tecno-solos produzidos por diferentes combinações de resíduos orgânicos (Cama de aviário – CM; Serragem – SE; Torta de filtro – TF e Carvão – CV) incorporados a Torta de Argila – TA em diferentes porcentagens (0, 5, 10, 15 e 20 %; m m⁻¹). * significativo a 5 % e ^{ns} não significativo, respectivamente.

RESÍDUO	X _{max} (%)	\hat{y}_{max} (g coluna ⁻¹)	$\hat{y}_{90\%}$ (g coluna ⁻¹)	DOSE DE MÁXIMA EFICIÊNCIA ECONÔMICA (%)	
S. resíduo	-	6,96	-	-	-
SE x TF	0,00	7,04	6,33	SE 1,04 TF 18,96	CM 0,00 CV 0,00
CM x TF	3,58	6,77	6,09	CM 8,88 TF 11,12	SE 0,00 CV 0,00
TF X CV	20,00	6,01	5,41	TF 17,89 CV 2,11	CM 0,00 SE 0,00
CM x SE	10,40	4,98	4,48	CM 7,18 SE 12,82	TF 0,00 CV 0,00
CM x CV	8,63	4,66	4,19	CM 5,26 CV 14,74	SE 0,00 TF 0,00
SE x CV	-	0,58	-	-	-

4. DISCUSSÃO

Este estudo propõem a construção de Tecno-solos, que tem como base a Tota de Argila combinada com resíduos orgânicos na proporção de 80:20. Os resíduos orgânicos (cama de aviário, serragem, torta de filtro e carvão), foram usados em combinação entre dois resíduos nas porcentagens (0:0; 0:20; 5:15; 10:10; 15:5 e 20:0). Os Tecno-solos formados devem aprestar condições químicas, físicas e biológicas favoráveis ao crescimento de plantas e restabelecer o equilíbrio ecológico no ambiente (DANIELS et al., 2010; SHEIRAM et al., 2010; FIRPO et al, 2015; BOLAN et al., 2017). Para que isso ocorra é necessário o incremento de matéria orgânica no Tecno-solo. A matéria orgânica em conjunto com as raízes e a atividade biológica, exerce papel-chave na formação e estabilização dos agregados, TIVET et al. (2013). As raízes, especialmente de plantas da família das gramíneas, têm se mostrado muito importante na formação dos agregados em solos degradados, conforme demonstrados em vários trabalhos, como o de SILVA e MIELNICZUK (1997), que avaliaram a distribuição de tamanho dos agregados estáveis em água em dois solos do Rio Grande do Sul e verificaram maior diâmetro de agregados do solo em comparação de solos com plantio de aveia/milho, e solo descoberto. BRONICK e LAL (2005). Entretanto teores elevados de resíduos orgânicos podem ocasionar a geração de lixiviados com potencial poluidor dos recursos hídricos.

4.1 Teor de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ presente soluções lixiviadas dos Tecno-solos

A contaminação dos mananciais com resíduos de $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$ tem causado sérias preocupações uma vez que, em excesso acima de 13,3 e 10,0 mg L⁻¹ respectivamente, podem causar danos à saúde dos homens e dos animais, CONAMA 375/2005 águas Classes 3. A contaminação ocorre quando o excedem aos requeridos pela cultura é lixiviado para o lençol freático e/ou escoado superficialmente em direção aos mananciais causando a contaminação e a eutrofização (SAINJU et al., 1999).

Os valores presentes na (Tabela 8 e 9) mostram as doses para máxima eficiência econômica de produção de massa de matéria seca do milho. Porém estas doses não são as mais adequados para a geração de lixiviados excedendo os teores de $N-NH_4^+$ recomendado.

A elevada concentração de $N-NH_4^+$ quantificados na 1ª lixiviação (7 dias) e n 4ª lixiviação (28 dias), são decorrente a adição de cama de aviário que é uma fonte de N (Tabela 4). Os tratamentos que não receberam CM, não expressaram valores de $N-NH_4^+$ superiores a 50 mg L⁻¹, ficando abaixo do tratamento controle sem adição de resíduo orgânico (Figura 2)

mas mantiveram valores 5 vezes acima do recomendado pelo CONAMA 375/2005 águas Classes. Os teores encontrados na quarta lixiviação evidencia que houve uma redução na quantidade de N-NH_4^+ nos lixiviados onde não há presença de CM, ficando abaixo do limite tolerável pela legislação (CONAMA nº 357/2005) para águas classe 3 (Anexo 1).

A possível explicação das baixas quantidades de N-NH_4^+ lixiviado é que entre 15 a 20 dias após aplicação de resíduo rico em nitrogênio, o N-NH_4^+ foi convertido em N-NO_3^- pelo processo de nitrificação por bactérias nitrossomonas e nitrobacter, processo denominado de mineralização do nitrogênio (SOUZA E LOBATO, 2004). Fato esse comprovado por AITA et al. (2007) em um experimento de campo em que o N-NH_4^+ aplicado em plantio direto foi completamente nitrificado entre 15 e 20 dias após a aplicação dos dejetos. A concentração de 2 mg L^{-1} de N-NO_3^- encontrado nas soluções lixiviadas dos Tecno-solos com adição de CM confirma que ocorre o processo de nitrificação onde o N-NH_4^+ é convertido em N-NO_2^- e posteriormente em N-NO_3^- pelos microrganismos nitrificadores do solo, processo pelo, o qual segundo CANTARELLA et al (2007), ocorre rapidamente em solos aeróbicos bem como a decomposição da fração orgânica facilmente mineralizável. Os valores de N-NO_3^- encontrado na solução lixiviado inferior a $10,0 \text{ mg L}^{-1}$ em todas as lixiviações, o que os classificam como águas Classe 1 segundo a resolução (CONAMA nº 357/2005) (Anexo 1).

4.2 Teor de P na 1ª e 4ª lixiviação

A perda de P por lixiviação ocorre quando é ultrapassa a capacidade de adsorção do solo (GATIBONI *et al.*, 2008). Soluções dos solos lixiviadas com elevados teores de fósforo contaminam os mananciais causando a eutrofização. Doses superiores a $4,11 \text{ mg L}^{-1}$ de P foram encontradas no lixiviados dos Tecno-solos compostos por CM : SE/TF/CV; nas primeira e quarta lixiviações. Segundo EMÍDIO (2012) os fosfatos presentes na água podem ter origem natural e origem também antropogênica. A primeira é decorrente da decomposição de elementos orgânicos e da lixiviação de minerais. A segunda é antropogênica, provocada pela erosão de terras cultivadas e pelo descaso com o tratamento de águas usadas. Em águas naturais o teor de fósforo não deve ultrapassar $1,00 \text{ mg L}^{-1}$ de P_2O_5 (ALVES, 2007). Os resíduos orgânicos utilizados na elaboração dos Tecno-solos são caracterizados com elevado teor de N e P (Tabela 4), o que requer cuidados em sua aplicação como aglomerantes, devido seu potencial poluidor. O fósforo é um dos elementos quando em excesso pode ser lixiviado para mananciais causado a sua contaminação e acelerando o processo de eutrofização (GATIBONI *et al.*, 2008). Com teores de fósforo ($> 0,15 \text{ mg L}^{-1}$), as combinações entre CM : SE/TF/CV,

produziram lixiviados com teor de P acima do permitido pela resolução CONAMA (375/2005), independente das doses de CM, (20:0; 15:5; 10:10; 5:15 % de resíduo). O mesmo pode ser observado em relação a torta de filtro onde independente das doses, produziram lixiviados com teor de P acima do permitido pela resolução CONAMA (375/2005). Porém as demais apresentam valores acima do recomendado ($< 2,0$ e $0,5 \text{ mg L}^{-1}$) na primeira e quarta lixiviações respectivamente independente das doses. Segundo SILVA (2016) doses superiores à 16 t ha^{-1} de resíduo agroindustrial foram que apresentaram maiores teores médios de P nos lixiviados, pois em análises do resíduo observou-se que esse resíduo era o que havia maior concentração de P em sua composição química. Todos Tecno-solos geraram lixiviados com teores elevados de P que influenciaram negativamente na qualidade dos lixiviados no quesito fósforo. (Anexo 1).

4.3 Turbidez presente na 4ª lixiviação

A presença de turbidez na água é associada à presença de partículas em estado coloidal, em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida e outros organismos microscópicos. Segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde), o limite máximo de turbidez em água potável deve ser 5 UNT. Porém se tratando de águas superficiais a resolução CONAMA (375/2005), estabelece padrões de Classificação das águas de acordo como o processo de tratamento que irá tornar a água potável. Esta Classes varia de 1 a 3, sendo Classe 1 águas que não requerem tratamento químico e Classe 3 águas que requerem tratamentos físicos e químicos, para se tornar potáveis. Se tratando de turbidez as águas de classe 1 o limite é de 40 UNT (Unidade de Turbidez) e para classe 3 o limite é de 100 (UNT).

Os valores de turbidez nas 1ª lixiviações ultrapassarão os limites de 100 (UNT) estabelecidos, devido a presença de partículas livres dos resíduos. Os lixiviados que ultrapassaram os limites de turbidez foram gerados por Tecno-solos que tinham em sua composição CM, independente das doses e combinações usadas (20:0; 15:5; 10:10; 5:15 e 0:20 %). Uma explicação seria os deslocamentos das partículas junto com a solução do solo, fazendo com que o valor de UNT se elevasse em 5 vezes ultrapassando os limites estabelecidos pela resolução CONAMA (375/2005). Porém as demais combinações de resíduo orgânicos (TF : SE/CV) independente das doses (20:0; 15:5; 10:10; 5:15 e 0:20 %), apresentaram valores de turbidez inferiores ao estabelecido pela resolução CONAMA (375/2005) na 1ª lixiviação. Em relação à 4ª lixiviação todas as combinações produziram lixiviados com valores de turbidez

inferior à 40 (UNT), classificando os lixiviados como águas Classe 1 no padrão de potabilidade (Anexo 1), segundo a resolução CONAMA (375/2005).

4.4 Teor de N-NH_4^+ e N-NO_3^- presente nos Tecno-solos após a 4ª lixiviação

Os teores de N nos Tecno-solos estão relacionados com as disponibilidades do nutriente fornecido durante sua elaboração, que teve com base a Torta de Argila, que por sua vez foi corrigida quimicamente segundo recomendação de (NOVAIS, 1991), sendo incorporada 20% de resíduos orgânicos como: cama de aviário e torta de filtro que são fontes N (Tabela 4). A adição de material orgânico ao Tecno-solo fundamental para o restabelecimento das condições funcionais de Tecno-solos sendo uma fonte de C e N.

Por um período de 35 dias plantas de milho foram cultivadas sobre os Tecno-solos e foram feitas simulações de precipitações de 1200 mm/ano ao 7, 14, 21 e 28 dias. Durante este período pode ter ocorrido o processo de nitrificação transformando o N-NH_4^+ em N-NO_3^- . Na figura 4, pode ser observado que os maiores teores de N-NH_4^+ (15 mg/kg), foram detectados nos Tecno-solos compostos por doses de CM : TF independente das proporções. Porém doses igual ou superior a 15% de CM inibi-o a germinação das sementes de milho. Fato constatado também por VARNERO (2007), que afirma que doses elevadas de resíduos com alto teores de N-NH_4^+ podem inibir a germinação de sementes ou ainda limitar o desenvolvimento de raízes, prejudicando o desenvolvimento das plantas. A combinações entre TF : CV com doses de 20 : 0 % o teor de N-NH_4^+ superior a 14 mg/kg. Os Tecno-solos constituídos por SE : TF/CV, tiveram teores de 10 e 6 mg/kg de N-NH_4^+ respectivamente independente das doses de resíduos. Em relação ao N-NO_3^- pode ser observa que ouve o processo de nitrificação do devido ao aumento do teor de N-NO_3^- nos Tecno-solos.

De modo geral pode se afirmar que os baixos teores de N-NH_4^+ e N-NO_3^- nos Tecno-solos e devido a perda por lixiviação o que foram constatados nas análises dos lixiviados onde os teores elevados de N-NH_4^+ e N-NO_3^- , foram detectados.

4.5 Teor de P presente nos Tecno-solo após quatro lixiviações

O P no solo é encontrado ligado a frações orgânicas e inorgânicas, com elevada afinidade à fração argila, realizando ligações de alta energia, especialmente a óxidos de ferro e

alumínio (Eriksson *et al.*, 2015; Fink *et al.*, 2016). O fósforo nos Tecno-solos está relacionado às disponibilidades de P fornecidas durante a sua elaboração. A Torta de Argila base para a produção dos Tecno-solos foi corrigida de acordo com as recomendações de (NOVAIS, 1991), e a adição de 20% de resíduos orgânicos, como: cama de aviário e torta de filtro, que são fontes de P (Tabela 4). O fósforo, é um importante elemento que constituem os resíduos orgânicos no que diz respeito às propriedades nutricionais de plantas. Porém, existe uma certa preocupação quanto ao risco de contaminação das águas devido a aplicação de doses elevadas de resíduos (BASSO *et al.*, 2005). Doses de P adicionada além da capacidade de adsorção dos solos, pode ser transportado para águas superficiais e subsuperficiais, com risco considerável de eutrofização (GATIBONI *et al.*, 2008).

Silva (2016) constatou em seu trabalho que a dose de 16 t. ha⁻¹ do resíduo agroindustrial foi a que apresentou o maior teor médio de P no lixiviado, pois em análises do resíduo observou se que esse resíduo era o que havia maior concentração de P em sua composição química.

O baixo teor de Fósforo presente nos Tecno-solos após quatro lixiviações (Figura 4) é devido à baixa capacidade de adsorção da Torta de Argila e a alta lixiviação do nutriente. Que foram constatados na análises dos lixiviados que apresentaram elevados teores de P.

4.6 Produção de massa de matéria seca da parte aérea e raízes

Os melhores desempenhos de produção de matéria seca da parte aérea e das raízes com a máxima eficiência econômica de 90% da produção foram alcançados nos tratamentos que tiveram em sua composição o resíduo de torta de filtro. A torta de filtro apresentou um incremento da produção de mMSPA 33,0% em comparação ao controle. As doses de 17,98:2,02 % TF : CV; seguidas por 0,17:19,83 % CM : TF e 19,09:0,91 % TF : SE; apresentaram um incremento de 25 e 22% de mMSPA respectivamente. Os resíduos TF e CM são fontes de N P K, enquanto a SE e CV, são fontes de Potássio (Tabela 4). Segundo SANTI *et al.* (2013) avaliaram o efeito de doses de torta de filtro nas características agrônômicas de cultivares de alface-americana, em ambiente protegido constataram que a dose de 26,7 t ha⁻¹ de torta de filtro no cultivar Rafaela permitiu um incremento na produção de massa fresca total de 89,98 % quando comparado ao tratamento sem aplicação (0 t ha⁻¹). KORNDOFER E ANDERSON (1997) mencionaram que o uso da torta de filtro promove alterações positivas nos atributos químicos do solo, tais como elevação da capacidade de troca catiônica, da saturação por bases,

diminuição nos teores de alumínio trocável e aumento na disponibilidade de Ca e P. Em relação a produção de raízes houve um incremento na produção devido a adição de torta de filtro em combinação com outros resíduos (cama de aviário, serragem e carvão). As doses foram estimadas para a máxima eficiência econômica de produção de raízes. A combinação mais promissora foi 18,96 : 1,04 % TF : SE; com um acréscimo de 2,0% em comparação ao controle.

5. CONCLUSÕES

As melhores doses para produção de mMSPA, pode não ser as melhores para a qualidade ambiental dos lixiviados, devido à lixiviação do Fósforo.

Os Tecno-solos mais promissores para produção de mMSPA do milho e qualidade de lixiviados foram obtidos nas proporções de: 18,0 % torta de filtro / 2,0 % carvão; 19,0 % torta de filtro / 1,0 % cama de aviário e 19,0 % torta de filtro / 1,0 % serragem.

6. REFERÊNCIAS

- ALVES SAMPAIO, J.; CALIXTO DE ANDRADE, M.; JUNQUEIRA BOUDORT DUTRA, A. Rochas & minerais industriais: usos e especificações. Rio de Janeiro: [s.n.].
- ARIDLANDS ECOLOGY LABORATORY PROTOCOL, S. C. Microplate Nutrient Analysis: NH₄⁺, NO₃⁻, PO₄³⁻+PO₄³⁻. [s.l: s.n.].
- AVILAR, V. S de; MAZZUCO, H.; FIGUEIREDO, E.A.P. de. Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizantes. EMBRAPA-CNPQ, 1992.
- BARRETO, Maria Laura; CHAVES, Arthur Pinto. Mineração e desenvolvimento sustentável. Desafios para o Brasil. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: CETEM/MCT, 2002. 215 p. ISBN 8572271600.
- CANTARELLA, H. et al. Fertilidade do solo: Nitrogênio, 2 Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências dos solos, p. 375-470, 2007.
- CHAVES, A. P.; BARRETO, M. LAURA. Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil. [s.l.] CETEM, 2002.
- CLAYER MONTEIRO -ANM, C. et al. ALUMÍNIO ver \ (15-01-2020\). [s.l: s.n.].
- DOANE, T. A., and W. R. HORWATH. 2003. Spectrophotometric determination of nitrate with a single reagent. Analytical Letters 36:2713-2722.
- DOANE, T.A. and HORWATH, W.R. (2003) Spectrophotometric Determination of Nitrate with a Single Reagent. Analytical Letters, 36, 2713-2722. <http://dx.doi.org/10.1081/AL-120024647>
- EMBRAPA AGROINDÚSTRIA DE ALIMENTOS.; método de digestão por via úmida para determinação de microelementos e elementos traços por espectrometria de emissão óptica em vinhos / Sidinéa Cordeiro de Freitas... [et al.]. – Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2015. 19 p.; 21 cm. – (Documentos / Embrapa Agroindústria de Alimentos, ISSN 1516-8247; 122).
- EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. Manual de métodos de análise de solo. [s.l.] Embrapa, 1997.
- ERIKSSON AK, GUSTAFSSON JP & HERESTERBERG D (2015) Phosphorus speciation of clay fractions from long-term fertility experiments in Sweden. Geoderma, 241-242:68–74.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). A frame work for international classification, correlation and communication. 2006.
- KORNDÖRFER, G. H.; ANDERSON, D. L. Use and impact of sugaralcohol residues vinasse and filter on sugarcane production in Brazil. Sugar y azucar, Engleood Cliffs, v.3, p.26-35, 1997

LAITHA, K., C. T. DRISCOLL, W. M. JARRELL, and E. T. Elliott. 1999. Soil phosphorus: characterization and total element analysis. Pages 115-142 in G. P. Robertson, D. C. Coleman, C. S. Bledsoe, and P. Sollins, editors. *Standard Soil Methods for Long-Term Ecological Research*. Oxford University Press, New York.

LAITHA, K., C. T. DRISCOLL, W. M. JARRELL, and E. T. Elliott. 1999. Soil phosphorus: characterization and total element analysis. Pages 115-142 in G. P. Robertson, D. C. Coleman, C. S. Bledsoe, and P. Sollins, editors. *Standard Soil Methods for Long-Term Ecological Research*. Oxford University Press, New York.

MIRANDA, K. M.; ESPEY, M. G.; WINK, D. A. A rapid, simple spectrophotometric method for simultaneous detection of nitrate and nitrite. *Nitric Oxide - Biology and Chemistry*, v. 5, n. 1, p. 62–71, 2001.

MONSERIE, MF., WATTEAU, F., VILLEMEN, G. *et al.* Technosol genesis: identification of organo-mineral associations in a young Technosol derived from coking plant waste materials. *J Soils Sediments* 9, 537–546 (2009). <https://doi.org/10.1007/s11368-009-0084-y>

MORREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. *Microbiologia e Bioquímica do solo*. Lavras. Universidade Federal de Lavras. 2006. 726 p.

NGOLO, A. O., FERNANDES, R. B. A., DE OLIVEIRA, M. F., ROCHA, G.C., & DE ASSIS, I. R. Efeito de mais de duas décadas de cultivo sobre a condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho de Cerrado. In Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO MINEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 4., 2017, Viçosa, MG. Solos no espaço e tempo: trajetórias e tendências: anais. Universidade Federal de Viçosa – MG, 2017. p. 221-223.

OLIVEIRA JÚNIOR A.O., Prochnow LI & Klepker D (2011) Soybean yield in response to application of phosphate rock associated with triple superphosphate. *Scientia Agrícola*, 68:376-385.

S. CASTLE.; ARIDLANDS.; Ecology Laboratory Protocol https://www.colorado.edu/lab/barger/sites/default/files/attached-files/microplate_nutrient_analysis.pdf.2010.05.25

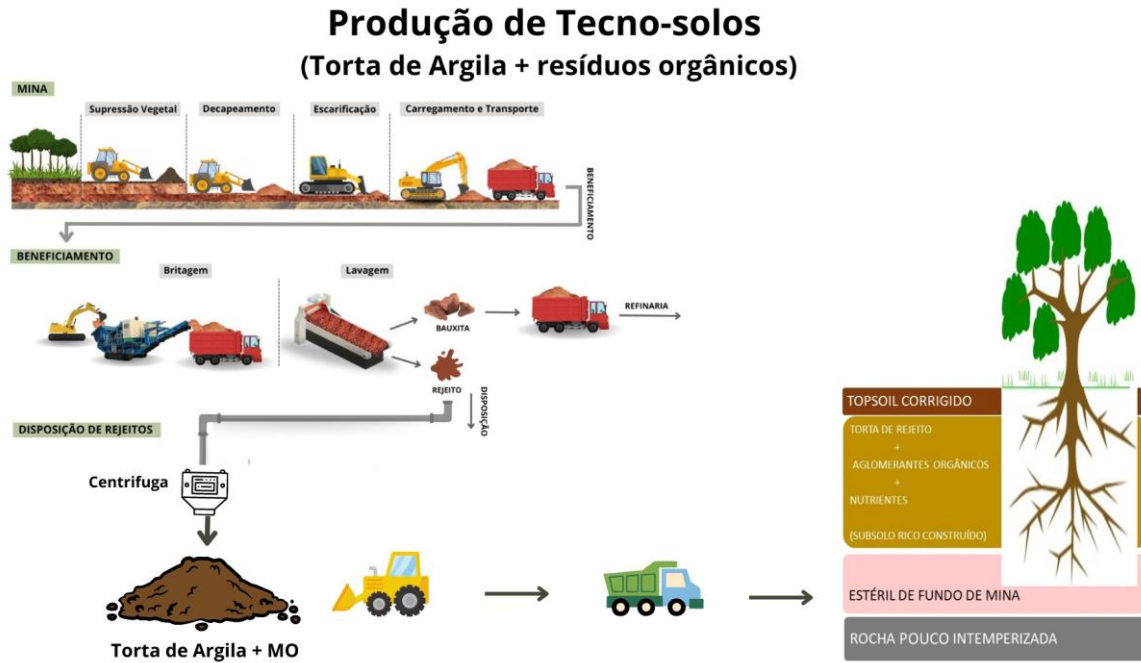
SAMPAIO, J. A.; ANDRADE, M. C.; DUTRA, A. J. B. Bauxita. In: *Rochas & minerais industriais: usos e especificações*. Rio de Janeiro: CETEM, 2005. Parte II. Cap.13. p. 279-304.

SANTI, A.; SCARAMUZZA, W.L.M.P.; NEUHAUS, A.; DALLACORT, R.; KRAUSE, W.; TIEPPO, R. C. Desempenho agrônomo de alface americana fertilizada com torta de filtro em ambiente protegido. *Hortic. Bras.*, v. 31, n. 2, p. 338-343, 2013.

- SILVA, G. M. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983. p.317-332.
- SILVA, J.C.M.R.; MARTINS, B.C.; PRADO, M.M.; SANTOS, J.; PEIXOTO, N. Resposta de milho forrageiro à adubação de base e em cobertura com cama de frango. In: V SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. Anápolis, 2006. Anais... Anápolis, Universidade estadual de Goiás, 2006. CD-ROM
- SOUZA, J. L. de. Agricultura orgânica: tecnologias para a produção de alimentos saudáveis. Espírito Santo: ENCAPA, 1998.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5), 1995.
- VAN DEURSEN, C. M Métodos de desaguamento e disposição de rejeito da bauxita: estudo de caso e avaliação econômica -. são Paulo – 2016
- VARNERO, M. T. M.; ROJAS, C. A.; ORELLEANA, R. R.; Indices de fitotoxicidade em resíduos orgânicos durant el compostaje. Revista de la ciência del suelo y nutircion vegetal, v.7 p 28-37, 2007.
- VILAS BOAS, H. F.; ALMEIDA, L. F. J.; TEIXEIRA, R. S.; SOUZA, I. F.; SILVA, I. R. Soil organic carbon recovery and coffee grain yield following bauxite mining. Land Degradation & Development, p. 1565-1573, 2018.
- VOTORANTIM METAIS. Companhia Brasileira de Alumínio. Disponível em: <http://www.aluminiocba.com/pt/mineracao.mirai.php>. August 2021.
- WEATHERBURN, M. W. 1967 Phenol Hypochlorite Reaction for Determination of Ammonia. nalytical Chemistry, 39, 971-974.<https://doi.org/10.1021/ac60252a045>

7. APÊNDICE

7.1 Processo de extração da Bauxita, beneficiamento e produção do Tecno-solos



7.2 Análises complementares da 1ª e 4ª lixiviações

TRATAMENTO	Lixiviações	Volume mL	pH	C. Etérica μ/cm^3	Lixiviação	Volume mL	pH	C. Etérica μ/cm^3
CM 0 : SE 0	1	225,00	6,47	1357,0	4	483,75	6,83	1343,5
CM 0 : SE 20	1	293,75	7,53	649,3	4	478,75	7,00	407,1
CM 5 : SE 15	1	190,00	7,65	3,2	4	412,50	7,59	1137,5
CM 10 : SE 10	1	325,00	7,75	4,6	4	455,00	7,80	382,1
CM 15 : SE 5	1	301,67	7,64	5,3	4	305,00	8,11	5,7
CM 20 : SE 0	1	251,67	7,41	10,3	4	247,50	8,15	5,5
CM 0 : TF 0	1	225,00	6,47	1357,0	4	483,75	6,83	1343,5
CM 0 : TF 20	1	263,75	7,49	4,9	4	435,00	7,53	197,8
CM 5 : TF 15	1	241,25	7,57	7,0	4	370,00	7,94	471,2
CM 10 : TF 10	1	270,00	7,58	9,0	4	306,25	8,19	4,2
CM 15 : TF 5	1	248,33	7,84	11,3	4	307,50	8,33	3,8
CM 20 : TF 0	1	251,67	7,41	10,3	4	247,50	8,15	5,5
CM 0 : CV 0	1	225,00	6,47	1357,0	4	483,75	6,83	1343,5
CM 0 : CV 20	1	201,67	7,46	1011,8	4	425,00	7,51	1066,5
CM 5 : CV 15	1	450,00	7,93	5,3	4	397,50	7,79	322,4
CM 10 : CV 10	1	321,67	7,53	6,8	4	500,00	8,00	484,5
CM 15 : CV 5	1	456,67	7,58	5,4	4	328,75	8,14	4,3
CM 20 : CV 0	1	285,00	7,41	10,3	4	247,50	8,15	5,5
SE 0 : TF 0	1	225,00	6,47	1357,0	4	546,25	6,83	1343,5
SE 0 : TF 20	1	263,75	7,49	4,9	4	471,25	7,53	197,8
SE 5 : TF 15	1	410,00	7,41	3,1	4	427,50	7,51	1262,3
SE 10 : TF 10	1	313,33	7,32	66,2	4	543,33	7,52	1673,3
SE 15 : TF 5	1	215,00	7,57	897,0	4	506,25	7,46	904,8
SE 20 : SE 0	1	317,50	7,53	649,3	4	516,25	7,00	407,1
SE 0 : CV 0	1	225,00	6,47	1357,0	4	546,25	6,83	1343,5
SE 0 : CV 20	1	201,67	7,46	1011,8	4	443,75	7,51	1066,5
SE 5 : CV 15	1	450,00	7,93	5,3	4	266,25	7,70	922,3
SE 10 : CV 10	1	321,67	7,53	6,8	4	366,25	7,51	727,5
SE 15 : CV 5	1	456,67	7,58	5,4	4	295,00	7,37	617,5
SE 20 : CV 0	1	260,00	7,41	10,3	4	516,25	7,00	407,1
TF 0 : CV 0	1	225,00	6,47	1357,0	4	483,75	6,83	1343,5
TF 0 : CV 20	1	201,67	7,46	1011,8	4	428,75	7,51	1066,5
TF 5 : CV 15	1	125,00	7,97	2,0	4	170,00	7,78	1399,0
TF 10 : CV 10	1	265,00	7,51	3,3	4	288,75	7,58	1666,0
TF 15 : CV 5	1	342,50	7,34	3,6	4	500,00	7,46	2,4
SE 20 : CV 0	1	263,75	7,49	4,9	4	435,00	7,53	197,8

7.3 Análises complementares dos Tecno-solo

TRATAMENTO	pH H ₂ O	pH KCl	N	P	K	Al ³⁺	H + Al ³⁺	SB	t	T	V	m
CM 0 : SE 0	6,29	5,95	227,50	20,23	50,50	0,00	1,03	2,24	2,24	3,27	68,58	0,00
CM 0 : SE 20	5,59	4,76	742,50	9,38	41,50	0,00	1,98	1,27	1,32	3,25	39,13	6,25
CM 5 : SE 15	6,75	5,89	322,50	47,23	216,50	0,00	1,50	3,70	3,70	5,20	71,08	0,00
CM 10 : SE 10	7,07	6,34	657,50	192,68	339,00	0,00	1,03	5,10	5,10	6,12	83,35	0,00
CM 15 : SE 5	7,23	6,78	970,00	196,28	447,00	0,00	0,85	6,68	6,68	7,53	88,93	0,00
CM 20 : SE 0	7,08	6,83	1195,00	267,30	552,00	0,00	1,00	8,27	8,27	9,27	89,28	0,00
CM 0 : TF 0	6,29	5,95	227,50	20,23	50,50	0,00	1,03	2,24	2,24	3,27	68,58	0,00
CM 0 : TF 20	7,31	7,11	1910,00	735,43	222,00	0,00	0,68	7,71	7,71	8,38	94,00	0,00
CM 5 : TF 15	7,45	7,19	1955,00	616,28	296,00	0,00	0,00	6,97	6,97	6,97	100,00	0,00
CM 10 : TF 10	7,44	7,25	2075,00	546,38	456,00	0,00	0,20	8,11	8,11	8,31	97,58	0,00
CM 15 : TF 5	7,15	6,98	2377,50	397,90	630,00	0,00	0,60	8,95	8,95	9,55	93,78	0,00
CM 20 : TF 0	7,08	6,83	1195,00	267,30	552,00	0,00	1,00	8,27	8,27	9,27	89,28	0,00
CM 0 : CV 0	6,17	6,01	225,00	18,00	56,00	0,00	1,05	2,24	2,24	3,29	68,10	0,00
CM 0 : CV 20	6,66	6,13	427,50	20,90	114,50	0,00	0,50	2,29	2,29	2,79	84,53	0,00
CM 5 : CV 15	7,12	6,70	760,00	45,80	233,50	0,00	0,00	2,85	2,85	2,85	100,00	0,00
CM 10 : CV 10	7,36	6,94	760,00	146,90	392,00	0,00	0,18	5,45	5,45	5,62	96,90	0,00
CM 15 : CV 5	7,11	6,82	1017,50	216,88	621,00	0,00	0,48	7,23	7,23	7,71	93,85	0,00
CM 20 : CV 0	7,08	6,83	1195,00	267,30	552,00	0,00	1,00	8,27	8,27	9,27	89,28	0,00
SE 0 : TF 0	6,20	5,95	216,67	18,77	52,33	0,00	1,03	2,18	2,18	3,21	67,83	0,00
SE 0 : TF 20	7,12	6,81	1605,00	589,65	154,50	0,00	0,25	6,17	6,17	6,42	92,70	0,00
SE 5 : TF 15	7,18	6,81	1470,00	285,15	167,50	0,00	0,23	5,05	5,05	5,27	94,45	0,00
SE 10 : TF 10	6,80	6,48	1305,00	186,48	138,00	0,00	0,55	5,26	5,26	5,81	90,53	0,00
SE 15 : TF 5	6,34	5,74	852,50	46,05	79,00	0,00	1,10	3,13	3,13	4,23	72,40	0,00
SE 20 : SE 0	5,59	4,76	742,50	9,38	41,50	0,05	1,98	1,27	1,32	3,25	39,13	6,25
SE 0 : CV 0	6,29	5,95	227,50	20,23	50,50	0,00	1,03	2,24	2,24	3,27	68,58	0,00
SE 0 : CV 20	6,92	6,49	502,50	20,50	173,00	0,00	0,00	2,31	2,31	2,31	100,00	0,00
SE 5 : CV 15	7,18	6,51	920,00	126,93	174,50	0,00	0,05	3,52	3,52	3,57	97,78	0,00
SE 10 : CV 10	6,20	5,67	765,00	10,03	104,00	0,00	2,00	1,83	1,83	3,83	61,33	0,00
SE 15 : CV 5	6,17	5,59	705,00	19,58	83,50	0,00	1,23	2,34	2,34	3,56	64,33	0,00
SE 20 : CV 0	5,59	4,76	742,50	9,38	41,50	0,05	1,98	1,27	1,32	3,25	39,13	6,25
TF 0 : CV 0	6,29	5,95	227,50	20,23	50,50	0,00	1,03	2,24	2,24	3,27	68,58	0,00
TF 0 : CV 20	6,92	6,49	502,50	20,50	173,00	0,00	0,00	2,31	2,31	2,31	100,00	0,00
TF 5 : CV 15	7,20	6,86	787,50	146,90	199,50	0,00	0,00	4,07	4,07	4,07	100,00	0,00
TF 10 : CV 10	7,40	7,07	1190,00	309,15	205,00	0,00	0,00	5,49	5,49	5,49	100,00	0,00
TF 15 : CV 5	7,44	7,13	1750,00	539,33	216,00	0,00	0,00	6,47	6,47	6,47	100,00	0,00
SE 20 : CV 0	7,31	7,11	1910,00	735,43	222,00	0,00	0,68	7,71	7,71	8,38	94,00	0,00

8. ANEXO

8.1 Parâmetros resolução CONAMA 375/2005

1 Parâmetros	unidades	Águas doces classes			
		1	2	3	4
Cor verdadeira	mgPt/L	natural	75	75	
Turbidez	UNT	40	100	100	
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	500	500	
pH	-	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Coliformes termotolerantes	Org/100MI	200/resol. 274	1000/resol. 274		
Clorofila	µg/L	10	30	60	
DBO5	mg/L	3	5	10	
OD	mg/L	≥6	≥5	≥4	≥2
N amoniacal total (8,0<pH<8,0)	mg/L	2,0	2,0	5,6	
Nitrato	mg/L	1,0	1,0	2,2	
P-total (ambiente lêntico)	mg/L	0,10	0,10	0,15	