

Pedro Henrique Abreu Moura
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro
(Organizadores)



Inovação e tecnologia nas
CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Atena
Editora
Ano 2021

2

Pedro Henrique Abreu Moura
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro
(Organizadores)



Inovação e tecnologia nas
CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Atena
Editora
Ano 2021

2

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia

Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa



Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



Inovação e tecnologia nas ciências agrárias 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Bruno Oliveira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Pedro Henrique Abreu Moura
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

I58 Inovação e tecnologia nas ciências agrárias 2 /
Organizadores Pedro Henrique Abreu Moura, Vanessa
da Fontoura Custódio Monteiro. – Ponta Grossa - PR:
Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-771-7
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.717211612>

1. Ciências agrárias. I. Moura, Pedro Henrique Abreu
(Organizador). II. Monteiro, Vanessa da Fontoura Custódio
(Organizadora). III. Título.

CDD 630

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A área de Ciências Agrárias reúne conhecimentos relacionados à agricultura, pecuária e conservação dos recursos naturais. A pesquisa nessa área é importante para o desenvolvimento de produtos, processos ou serviços para as cadeias produtivas de vegetais, animais e desenvolvimento rural.

Destaca-se que a inovação e tecnologia devem ser aliadas na incorporação de práticas sustentáveis no campo, garantindo às gerações futuras a capacidade de suprir as necessidades de produção e qualidade de vida no planeta.

Nesta obra, intitulada “*Inovação e tecnologia nas Ciências Agrárias 2*”, é apresentado uma ampla diversidade de pesquisas nacionais e internacionais reunidas em 19 capítulos.

Dentre esses capítulos, o leitor poderá entender mais sobre a agricultura familiar como forma de garantir a produção agrícola, o uso das tecnologias da informação e comunicação no ensino e aprendizagem de estudantes de Técnico Agropecuário no México, utilização de geoprocessamento para estudar a dinâmica de pastagens, a relação entre pecuária e desflorestamento, estatística em experimentos agrônômicos, bem como vários trabalhos voltados para pecuária e medicina veterinária.

Convidamos também para apreciarem o primeiro volume do livro, que reúne trabalhos voltados à agricultura, com pesquisas sobre a qualidade do solo, fruticultura, culturas anuais, controle de pragas, agroecossistemas, propagação *in vitro* de orquídea, fertilização, interação entre fungos e sistemas agroflorestais, a relação da agricultura e o consumo de água, entre outros.

Agradecemos a cada autor pela escolha da Atena Editora para a publicação de seu trabalho. Aos leitores, desejamos uma excelente leitura.

Pedro Henrique Abreu Moura
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

PONTES ENTRE AGRICULTURA FAMILIAR E BIOLÓGICA ATRAVÉS DA FORMAÇÃO EM CONTEXTO DE TRABALHO

Cristina Amaro da Costa

Davide Gaião

Daniela Teixeira

Helena Esteves Correia

Luis Tourino Guerra

Raquel P. F. Guiné

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172116121>

CAPÍTULO 2..... 13

SÍNTESE DA REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA PARA APOIAR PEQUENOS PROPRIETÁRIOS DE TERRAS

Paula Francisco Escalanti

Marcelo Duarte

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172116122>

CAPÍTULO 3..... 23

IMPACTO DE LAS TIC EN ALUMNOS DE TÉCNICOS AGROPECUARIOS DEL CBTA 148

Pedro García Alcaraz

Jorge Luis García Alcaraz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172116123>

CAPÍTULO 4..... 33

ESTUDO DA DINAMICA DE PASTAGENS POR MEIO DO GEOPROCESSAMENTO

Glenda Silva Santos Lara

Pedro Rogerio Giongo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172116124>

CAPÍTULO 5..... 44

SILAGEM DE MILHO ENRIQUECIDA COM PALMA FORRAGEIRA E PÓ DE ROCHA PARA SUPLEMENTAÇÃO DA DIETA DE RUMINANTES

Níbia Sales Damasceno Corioletti

José Henrique da Silva Taveira

Luciane Cristina Roswalka

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172116125>

CAPÍTULO 6..... 61

PREDICCIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA-BROMATOLÓGICA DE FORRAJE DE PASTO-ELEFANTE (*Pennisetum purpureum* SCHUM.) POR ESPECTROSCOPIA DE REFLECTANCIA EN EL INFRARROJO CERCANO, NIRS

Joadil Gonçalves de Abreu

Victor Manuel Fernandez Cabanás

Eduardo André Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172116126>

CAPÍTULO 7..... 72

ATIVOS E PASSIVOS FLORESTAIS: RELAÇÃO ENTRE PECUÁRIA E
DESFLORRESTAMENTO NA MICRORREGIÃO DE ARIQUEMES

Edson Resende Filho

Käthery Brennecke

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172116127>

CAPÍTULO 8..... 89

SUBPRODUTOS DA MINERAÇÃO DA FORMAÇÃO IRATI COMO FONTES
ALTERNATIVAS DE NUTRIENTES

Marlon Rodrigues

Ledemar Carlos Vahl

Carlos Augusto Posser Silveira

Mussa Mamudo Salé

Marcos Rafael Nanni

Guilherme Fernando Capristo-Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172116128>

CAPÍTULO 9..... 105

UTILIZAÇÃO DE GLUTAMINA E ÁCIDO GLUTÂMICO SOBRE A ATIVIDADE DAS
ENZIMAS INTESTINAIS DE FRANGOS DE CORTE

Édina de Fátima Aguiar

Talitha Kássia Alves dos Santos Dessimoni

Erothildes Silva Rohrer Martins

Thayná Brito Pereira

Carolina Toledo Santos

André Gomes Faria

Renata Moreira Arantes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172116129>

CAPÍTULO 10..... 115

ÁCAROS E INSETOS PRESENTES NA CAMA DE FRANGO ATUANDO COMO VETORES
DE FUNGOS FILAMENTOSOS

Carlos Eduardo da Silva Soares

Fabiano Dahlke

Alex Maiorka

Juliano De Dea Lindner

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.71721161210>

CAPÍTULO 11..... 124

ANÁLISE DA CONTAMINAÇÃO DE MERCÚRIO EM PEIXES CULTIVADOS EM ANTIGAS
CAVAS DE GARIMPO NO MUNICÍPIO DE PEIXOTO DE AZEVEDO

Érica dos Santos Antunes

Joseane Pereira de Almeida

Angelo Augusto Bonifácio Pereira
Stephane Vasconcelos Leandro
Ricardo Lopes Tortorela de Andrade
Paula Sueli Andrade Moreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.71721161211>

CAPÍTULO 12..... 137

USO DE DISTINTAS TEMPERATURAS DE INCUBAÇÃO E INFLUÊNCIA DESTAS SOBRE A ECLOSÃO E MORTALIDADE DE OVOS DE *Odontesthes sp.*

Josiane Duarte de Carvalho
Suzane Fonseca Freitas
Rafael Aldrighi Tavares
Daiane Souza Machado
Fernanda Brunner Hammes
Juvêncio Luis Osório Fernandes Pouey
Paulo Leonardo Silva Oliveira
Deivid Luan Roloff Retzlaff
Welinton Schröder Reinke
Carolina Viégas Pinto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.71721161212>

CAPÍTULO 13..... 147

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE CÁLCIO E FÓSFORO PARA MANTENÇA E GANHO DE CORDEIROS CORRIEDALE

Andressa Ana Martins
Juliene da Silva Rosa
William Soares Teixeira
Matheus Lehnhart de Moraes
Stefani Macari
Cleber Cassol Pires

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.71721161213>

CAPÍTULO 14..... 160

PROGESTERONA INJETÁVEL EM VACAS NELORES SUBMETIDAS A PROTOCOLOS DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL EM TEMPO FIXO

Anderson Eduardo Amâncio de Lima
Yuri Faria Carneiro Discente
Lauro César Ferreira Beltrão
Daniele Alves Corrêa de Abreu
Daniel de Almeida Rabello
Geisiana Barbosa Gonçalves
Andressa Silva Nascimento
Wesley José de Souza Docente

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.71721161214>

CAPÍTULO 15..... 165

ASPECTOS FISIOLÓGICOS E LABORATORIAIS DE EQUINOS E ASININOS DE TRAÇÃO

NO MUNICÍPIO DE PATOS-PARAÍBA, BRASIL. PATOS

Silvia Sousa Aquino
Davidianne de Andrade Moraes
Talles Monte de Almeida
Antônio Fernando de Melo Vaz
Eldinê Gomes de Miranda Neto
Verônica Medeiros da Trindade Nobre

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.71721161215>

CAPÍTULO 16..... 184

DESCRIÇÃO ANATÔMICA DO OSSO HIOIDE E LÍNGUA DE CERVOS DO GÊNERO
MAZAMA

Larissa Rossato Oliveira
Fernanda Gabriele Almeida
Paola dos Santos Barbosa
Fabiana Gomes Ferreira Alves
Tainá Pacheco de Souza
Gabriela Mariano da Silva
Murilo Viomar
Rodrigo Antonio Martins de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.71721161216>

CAPÍTULO 17..... 190

CORANTE AZUL PATENTE COMO IDENTIFICADOR DE LINFONODO SENTINELA EM
CADELAS COM NEOPLASIA DE MAMA

Danielle Karine Schoenberger
Gabriela Basílio Roberto
Ana Carla da Costa Silva
Andressa Hiromi Sagae
Ana Caroline Ribas de Oliveira
Liane Ziliotto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.71721161217>

CAPÍTULO 18..... 208

A IMPORTÂNCIA DA INCLUSÃO DA AVALIAÇÃO TESTICULAR NA ROTINA
ULTRASSONOGRÁFICA BIDIMENSIONAL ABDOMINAL EM CÃES PARA DIAGNÓSTICO
DE DOENÇAS TESTICULARES

Isadora Schenekemberg Vandresen
Marco Antônio Staudt
Carla Fredrichsen Moya

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.71721161218>

CAPÍTULO 19..... 219

UTILIZAÇÃO DE TESTES DE MÉDIAS NA ANÁLISE DE EXPERIMENTOS UNIFATORIAIS
COM TRATAMENTOS QUANTITATIVOS

Josiane Rodrigues
Sônia Maria De Stefano Piedade

SOBRE OS ORGANIZADORES	229
ÍNDICE REMISSIVO.....	230

SUBPRODUTOS DA MINERAÇÃO DA FORMAÇÃO IRATI COMO FONTES ALTERNATIVAS DE NUTRIENTES

Data de aceite: 01/12/2021

Data de submissão: 14/10/2021

Marlon Rodrigues

Programa de Pós-graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, UFPEL
ORCID: 0000-0001-7661-9166

Ledemar Carlos Vahl

Programa de Pós-graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, UFPEL
ID Lattes: 8141365816015641

Carlos Augusto Posser Silveira

Pesquisador da Embrapa Clima Temperado
ORCID: 0000-0003-0605-1290

Mussa Mamudo Salé

Programa de Pós-graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, UFPEL
ORCID: 0000-0002-3787-6669

Marcos Rafael Nanni

Programa de Pós-graduação em Agronomia, UEM
ORCID: 0000-0003-4854-2661

Guilherme Fernando Capristo-Silva

Programa de Pós-graduação em Agronomia, UFMT
ORCID: 0000-0002-0453-6254

RESUMO: A mineração é uma exploração de recurso natural que pode causar impactos ambientais. Promover um destino adequado aos subprodutos da mineração é fundamental

para um ganho econômico e ambiental. Nesse sentido, esta pesquisa buscou avaliar a utilização de subprodutos oriundos da mineração de calcário como fontes de nutrientes. O estudo foi conduzido em casa de vegetação e utilizou-se um Argissolo Amarelo eutrófico. Os insumos avaliados foram calcário, 1ª e 2ª haste (subprodutos). As doses foram: 0; 0,5; 1; 2 e 4 vezes a dose recomendada de acordo com o pH SMP do solo e PRNT do calcário para correção do solo até pH 6. O experimento foi implantado em vasos contendo 3,54 kg de solo seco mantidos a uma umidade próxima da capacidade de campo. Determinou-se semanalmente o pH do solo até a sua estabilização e após um período de 4 meses de incubação insumo-solo, foi realizada a determinação dos teores disponíveis dos macronutrientes do solo. A aplicação dos coprodutos proporcionou aumentos médios nos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e S-SO_4^{2-} no solo em até 147, 193 e 166%, respectivamente. Além disso, foram encontrados outros benefícios, como aumento do pH do solo e teores de potássio trocável e fósforo disponível. Conclui-se que a aplicação dos subprodutos tem potencial para ser utilizada como fonte alternativa e limpa de macronutrientes secundários.

PALAVRAS-CHAVE: Insumo; macronutrientes; subproduto.

MINING BY-PRODUCTS FROM IRATI FORMATION AS ALTERNATIVE SOURCES OF NUTRIENTS

ABSTRACT: Mining is a natural resource exploration that can cause environmental

impacts. To promote an appropriate destination for the by-products of mining is fundamental for economic and environmental return. In this sense, this research aimed to evaluate the use of by-products from the limestone mining as nutrients sources. The study was implanted in a greenhouse and a Paleudalf soil was used. The inputs evaluated were limestone, 1^a and 2^a haste (by-products). The doses were: 0; 0.5; 1; 2 and 4 times the recommended dose according to the SMP pH of the soil and PRNT of the limestone for soil correction up to pH 6. The experiment was carried out in pots containing 3.54 kg of dry soil kept at a humidity near to the field capacity. A weekly determination of soil pH was carried out until its stabilization, and after a period of 4 months of input-soil incubation, the determination of the available macronutrient contents of the soil was analyzed. The application of the by-products provided average increases in the contents of Ca²⁺, Mg²⁺ and S-SO₄²⁻ in the soil by up to 147, 193 and 166 %, respectively. In addition, other benefits, such as increased soil pH and contents of potassium and phosphorus available were found. The application of by-products has the potential for being used as an alternative and clean source of secondary macronutrients.

KEYWORDS: Input; macronutrients; by-product.

1 | INTRODUÇÃO

A mineração é uma exploração de recurso natural que pode causar impactos ambientais tanto na área minerada, como também nas áreas próximas. A qualidade da água pode ser afetada pela deposição de resíduos, contaminação do lençol freático e assoreamento dos cursos d'água. No solo, a retirada da cobertura vegetal pode provocar escoamento superficial. A detonação de explosivos prejudica a qualidade do ar, com isso, fauna e flora também são comprometidas com a modificação do ambiente natural (TONIETTO & SILVA, 2011).

Normalmente os subprodutos da mineração do calcário são descartados em aterros ou depositados no meio ambiente, sem qualquer processo de tratamento. As mineradoras que realizam suas atividades em minas a céu aberto descarregam o minério em britadores primários, que alimentam as usinas de beneficiamento ou pilhas de homogeneização e os subprodutos são descarregados nas pilhas de deposição (RODRIGUES & PINTO, 2012). O blend dos materiais de várias frentes de lavra ou de distintas minas, geralmente é uma prática necessária para garantir a uniformidade da alimentação (CHANDA & DAGDELEN, 1995).

Segundo o IPEA (2012) 262 milhões de toneladas de subprodutos de mineração de calcário serão produzidas de 2017 até 2030. Nesse sentido, promover um destino adequado aos subprodutos da mineração é fundamental para um ganho econômico e ambiental.

A maioria dos solos do Brasil são ácidos, porém existem outros impedimentos ao desejável desenvolvimento das culturas, como a deficiência de S ocorrida em muitos solos. Em trabalho realizado em solos do RS, onde os teores de S eram $\leq 6,4 \text{ mg dm}^{-3}$, houve aumento na produtividade em lavoura de arroz-irrigado, quando aplicou-se entre 20 e 40 kg ha⁻¹ de S (CARMONA, 2009). Segundo Malavolta (1980), a soja é mais exigente que

o milho e o trigo na demanda por S, requerendo do solo cerca de 8,2 kg de S para cada tonelada produzida, enquanto o milho e o trigo exigem respectivamente, 2,6 kg e 4,3 kg ton^{-1} grão. Wilson Jr. et al. (2006) estabeleceram a recomendação de 20 kg ha^{-1} de S em solos deficientes nesse nutriente nos EUA. Já, a Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina CQFS-RS/SC (2016) agrupam as culturas de acordo com suas exigências em S, estabelecendo dois níveis de suficiência de S no solo, extraíveis com fosfato monocalcário: 10 mg dm^{-3} para as espécies das famílias das fabáceas, brassicáceas e liliáceas, e de 5 mg dm^{-3} para as demais.

A utilização dos subprodutos como fontes de nutrientes, principalmente Ca, Mg e S pode proporcionar incremento na produtividade agrícola em solos deficientes desses minerais e em plantas exigentes dos mesmos. Atualmente, o principal destino dos subprodutos é a pavimentação de estradas. Diante da escassez das reservas de fertilizantes e da grande demanda de insumos na agricultura, realocar os subprodutos para a produção de alimentos é fundamental para um ganho social, ambiental e até mesmo econômico.

Desse modo, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito dos subprodutos da produção de calcário da Formação Irati na correção da acidez e como fonte de nutrientes no solo.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização química e física dos insumos

Os materiais utilizados neste estudo, denominados como insumos ou subprodutos, foram obtidos a partir de um perfil estratigráfico de 15 m de uma mina de calcário na Formação Irati localizada em Tietê/SP, Brasil (22°55'5,52" S; 47°46' 1,68" W). Os subprodutos foram nomeados de acordo com a profundidade em que foram coletados, ou seja, camada 1 (1ª haste) e camada 2 (2ª haste). A primeira foi extraída na parte superior (0–7,5 m) e a segunda na inferior (7,5–15 m), ambas as camadas são compostas por rochas de ritmito (camadas intercalares de calcário com folhelho betuminoso) (Figura 1).

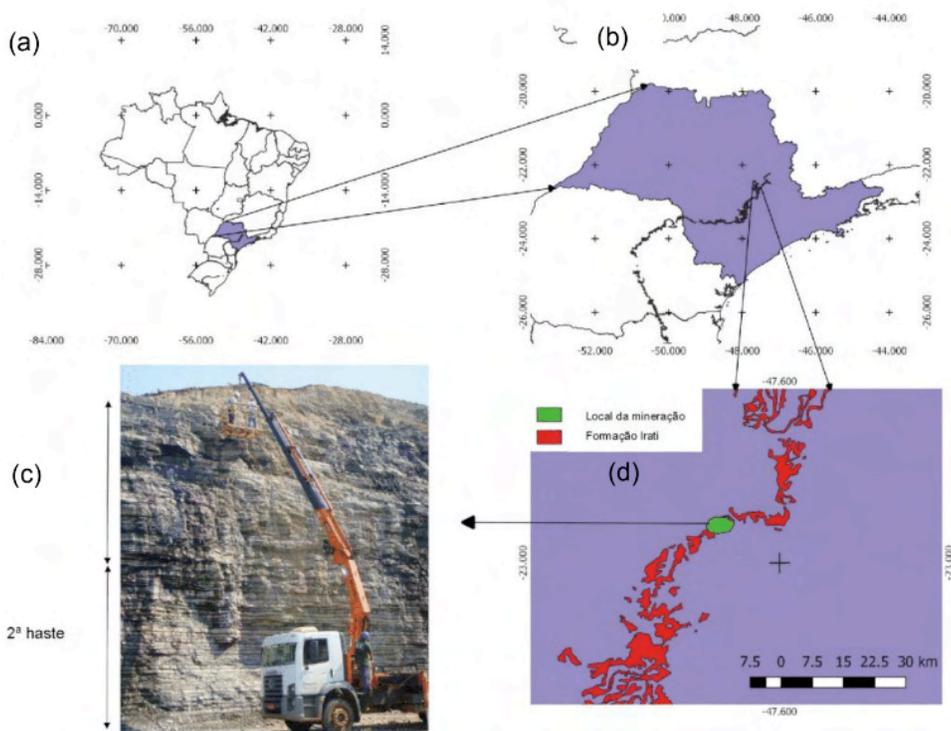


Figura 1. Mapa do Brasil (a), estado de São Paulo (b), perfil estratigráfico para coleta de coprodutos (c) e afloramento da Formação Irati (FI) próximo ao município de Tietê-SP/Brasil (d). No detalhe do perfil estratigráfico, é possível notar o ritmo (1ª haste + 2ª haste) composto por calcário em tons claros em camadas intercaladas com o folhelho pirobetuminoso em tons escuros.

A caracterização química dos insumos utilizados nos três estudos está presente na Tabela 1. Nota-se que a 1ª e 2ª haste possuem maiores teores de micronutrientes, S, P e K do que o calcário, contudo, apresentam menores teores de Ca, Mg e, conseqüentemente, menor poder de neutralização (PN).

Insumo	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	P ₂ O ₅	S	PN	Co	Cu	Mo	Ni	Zn
	%									mg kg ⁻¹				
1ª haste	3,57	13,9	4,73	0,72	11,92	0,40	0,13	1,54	54	12,6	15,9	2,7	7,1	28
2ª haste	3,55	13,7	4,30	0,69	12,58	0,30	0,15	1,70	56	11,0	18,6	4,8	7,6	37
Calcário	0,95	25,8	0,76	0,19	18,36	0,20	0,06	0,33	92	3,2	4,8	2,2	2,6	10

Tabela 1 - Teores de nutrientes, alumínio e PN de três diferentes materiais produzidos no processo de mineração de um calcário da Formação Irati.

Na Tabela 2, está descrita a distribuição granulométrica dos insumos que foram utilizados nos experimentos. Nota-se que todos os materiais passaram na peneira de 0,3 mm, caracterizando-os como de granulometria “filler”.

Peneira (mm)	Calcário (%)	1ª haste (%)	2ª haste (%)
> 0,30	0	0	0
0,3 - 0,25	5,7	31,4	46,1
0,25 - 0,10	41,4	41,9	24,1
0,10 - 0,054	51,2	25,8	29,1
0,054 - 0,037	1,7	0,9	0,8
< 0,037	0,08	0,05	0
Total	100	100	100

Tabela 2 - Distribuição granulométrica dos diferentes insumos utilizados no experimento.

O poder de neutralização (PN) dos insumos foi determinado conforme o método geral descrito por Tedesco et al. (1995), utilizando HCl e NaOH.

Na Tabela 3, está representado o PN determinado em laboratório (conforme detalhado anteriormente) e calculado com base nos teores de CaO e MgO, reatividade e poder relativo de neutralização total (PRNT) dos insumos utilizados nos experimentos. As fontes utilizadas foram um calcário dolomítico e dois subprodutos da extração do calcário, denominados de 1ª e 2ª hastes. A distribuição granulométrica foi 100% < 0,3 mm, o que confere uma reatividade teórica de 100% e PRNT de 91,8% para o calcário e 54,4% e 55,8% para a 1ª e 2ª haste, respectivamente.

Parâmetro	Insumo		
	Calcário	1ª haste	2ª haste
PN (determinado)	93,9	60,6	58,1
PN (calculado)	91,8	54,4	55,8
Reatividade	100,0	100,0	100,0
PRNT (calculado)	91,8	54,4	55,8
CaO (%)	25,8	13,9	13,7
MgO (%)	18,4	11,9	12,6
CaO + MgO (%)	44,2	25,8	26,3

Tabela 3 - PN, Reatividade e PRNT dos diferentes insumos utilizados no experimento.

2.2 Local do estudo e procedimento experimental

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas, Campus Capão do Leão, RS. A região de estudo, segundo a classificação de Köppen, é classificada como de clima mesotérmico úmido e temperado (Cfb).

Para condução do experimento utilizou-se solo proveniente do Centro Agropecuário da Palma/Capão do Leão – RS coletado em área de campo natural cujo solo é classificado,

conforme Streck et al. (2008), como Argissolo Amarelo eutrófico. As amostras foram coletadas na camada superficial (0-20 cm), em seguida expostas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 1 cm de malha. Previamente à instalação do experimento foi realizada a caracterização física e química do solo e dos insumos utilizados.

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997). A análise química do solo foi determinada segundo a técnica descrita por Tedesco et al. (1995). Na Tabela 4, estão descritos atributos físicos e químicos do solo utilizado no estudo.

Solo	Argila	M.O. ¹	pH (H ₂ O)	pH (SMP)	H+Al	Al	Ca	Mg	CTCe ²	CTCp ³	K	SO ₄ ⁻²	V ⁴
	--- g kg ⁻¹ ---				----- cmol _c kg ⁻¹ -----						-- mg kg ⁻¹ --		%
Argissolo	250	20,9	5,2	6,3	3,9	0,6	1,5	0,9	3,2	6,5	39,63	9,4	39,5

¹ Matéria orgânica; ² Capacidade de troca de cátions efetiva; ³ Capacidade de troca de cátions potencial; ⁴ Saturação por bases.

Tabela 4 - Atributos físico-químicos da camada arável (0-20 cm) de um Argissolo Amarelo eutrófico.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 3 repetições. O delineamento de tratamentos foi em arranjo fatorial: Fator A – Tipo de insumo: 1^a haste, 2^a haste e calcário e Fator B – Doses de insumo: 0; 0,489; 0,978; 1,956 e 3,912 g kg⁻¹. Estas doses equivalem a 0; 0,5; 1; 2 e 4 vezes a dose do calcário recomendada pelo índice SMP do solo para atingir pH 6. Os materiais das hastes 1 e 2 foram aplicados nas mesmas doses em peso. Os tratamentos estão descritos na Tabela 5.

Tipo de insumo	Tratamentos (dose x SMP)	Dose (g kg ⁻¹)	Quantidade totais (g kg ⁻¹)		
			CaO	MgO	S
	Testemunha	0,0	-	-	-
1 ^a haste	0,5	0,489	0,068	0,058	0,0075
	1,0	0,978	0,136	0,117	0,0151
	2,0	1,956	0,272	0,233	0,0301
	4,0	3,912	0,544	0,466	0,0602
2 ^a haste	0,5	0,489	0,067	0,062	0,0083
	1,0	0,978	0,134	0,123	0,0166
	2,0	1,956	0,268	0,246	0,0333
	4,0	3,912	0,536	0,492	0,0665
Calcário	0,5	0,489	0,126	0,090	0,0016
	1,0	0,978	0,252	0,180	0,0032
	2,0	1,956	0,505	0,359	0,0065
	4,0	3,912	1,010	0,718	0,0130

Tabela 5 - Descrição dos tratamentos.

O experimento foi implantado em vasos contendo 3,54 kg de solo seco (Figura 2). O controle de umidade do solo no período experimental visou manter valores próximos à capacidade de campo do solo em questão. Inicialmente foi realizada a determinação semanal do pH do solo até a sua estabilização, que ocorreu aos 28 dias. O período total de incubação do solo com os insumos foi de 4 meses. Após a incubação foram realizadas as análises de diferentes elementos químicos do solo: N mineral, P, K, Ca, Mg, S e Al, seguindo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995) e comentada anteriormente.



Figura 2. Unidades experimentais dispostas em bancada (a) e detalhe do vaso envolto pelo plástico (b).

2.3 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando as variáveis apresentaram efeito significativo para os fatores estudados, procedeu-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro no caso do fator qualitativo (Tipo de insumo) e de regressão polinomial para o fator quantitativo (Doses dos insumos).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tanto os efeitos isolados quanto a interação entre tipos e doses de insumos foram significativas pelo teste F nas quatro variáveis resposta avaliadas: pH (água -1:1) e teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} trocáveis e S-SO_4^{-2} extraído por fosfato monocálcico (Tabela 6).

O pH do solo (água - 1:1) aumentou com as doses dos insumos (Figura 3), sendo o calcário diferente estatisticamente dos subprodutos em todas as doses aplicadas, com exceção da dose 0,489 g kg^{-1} , que diferiu apenas da 1ª haste (Apêndice A). Devido à

similaridade química entre a 1ª e 2ª haste, não houve diferença estatística entre os tratamentos que tiveram aplicação dessas fontes. Os maiores teores de CaO e MgO do calcário, contribuíram para um maior PN e conseqüente aumento do pH. Já o menor PN dos subprodutos fez com que as doses necessárias para elevar o pH do solo fossem maiores que as do calcário.

FV	GL	Atributos do solo			
		pH (água - 1:1)	Ca	Mg	S-SO ₄ ⁻²
		----- (F) -----			
Insumo	2	79,78 **	25,99 **	84,88 **	92,68 **
Dose	4	232,92 **	211,90 **	355,87 **	238,45 **
Insumo.Dose	8	9,40 **	4,35 **	10,08 **	20,16 **

FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; F = Valor observado da estatística F; ** Significativo a 1%.

Tabela 6 – Valores do teste F de atributos do solo submetido a aplicação de diferentes insumos.

As recomendações de calagem no Rio Grande do Sul têm como critério atingir um determinado pH do solo. No sistema convencional, o objetivo da calagem é elevar o pH do solo até 6,0, faixa de melhor desempenho das culturas, para um período efetivo de no mínimo 5 anos, cuja dose é definida pelo índice SMP (CQFS-RS/SC, 2016). Para o solo atingir pH 6,0, valor recomendado para o milho, foram necessárias 1,522; 1,761 e 0,670 g kg⁻¹ da 1ª, 2ª haste e calcário, respectivamente.

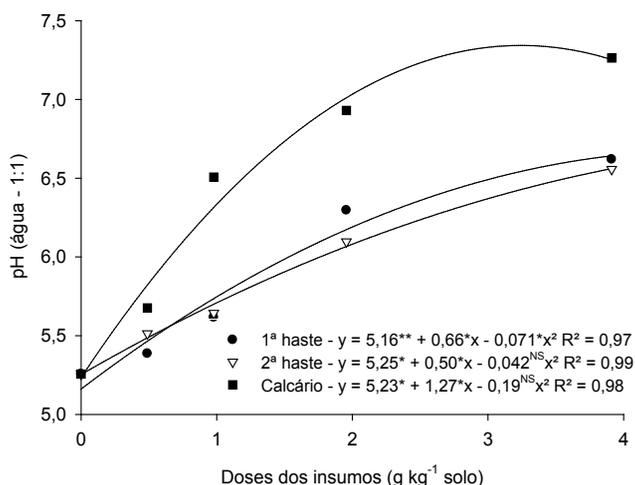


Figura 3 - Variação do pH em água aos 28 dias de incubação em função das doses dos insumos aplicadas. NS = Não significativo; * Significativo a 5%; ** Significativo a 1%.

A aplicação tanto do calcário como dos subprodutos gera íons OH^- que reagem com os H^+ presentes no solo, liberando água e gás carbônico, aumentando assim o pH. A acidez do solo é um dos fatores que mais restringem a produtividade de diversas culturas em várias partes do mundo, inclusive no Brasil. Para incorporação dos solos ácidos ao processo produtivo é imprescindível o uso adequado de materiais com potencial de elevação do pH (FAGERIA, 1999). Segundo Quaggio, (1985), a correção da acidez do solo neutraliza os efeitos tóxicos do Al, altera a disponibilidade de macro e micronutrientes, adsorção e precipitação de P, reações de solubilização, decomposição da matéria orgânica, taxa de solubilização de fosfatos naturais, proporciona melhores condições ao desenvolvimento dos organismos do solo, entre outros.

A aplicação do calcário e dos subprodutos elevou os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis no solo (Figura 4). Os teores de Ca no solo, quando da aplicação do calcário nas doses de 1,956 e 3,912 g kg^{-1} , diferiram estatisticamente dos subprodutos. Já para o Mg, a diferença ocorreu nas doses 0,978; 1,956 e 3,912 g kg^{-1} . Os maiores teores equivalentes de CaO em comparação ao MgO, dos insumos utilizados, não resultaram em maior acréscimo nos teores de Ca no solo com a aplicação dos insumos. Os maiores teores de CaO e MgO do calcário, comparado aos subprodutos, resultaram em maior incremento nos teores de Ca e Mg no solo. A similaridade nos teores de CaO e MgO da 1ª e 2ª haste fez com que o comportamento dos teores de Ca e Mg com o aumento das doses fosse semelhante entre esses subprodutos.

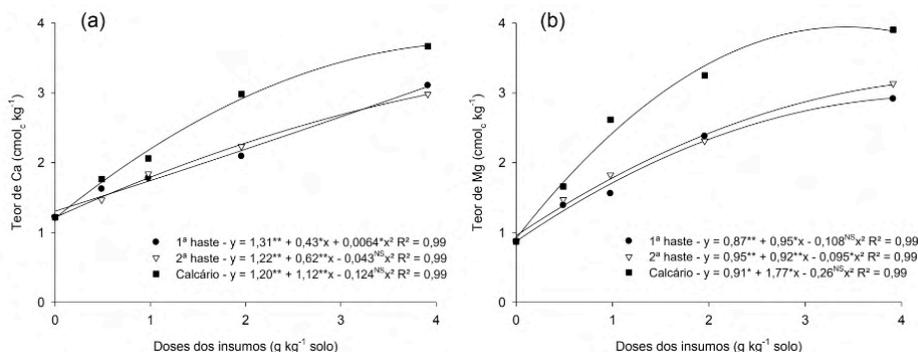


Figura 4 - Teores de Ca (a) e Mg (b) no solo após 120 dias de incubação em função das doses dos insumos aplicadas. NS = Não significativo; * Significativo a 5%; ** Significativo a 1%.

Segundo a CQFS-RS/SC (2016), teores de Ca e Mg acima de 2,0 e 0,5 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente, são considerados suficientes para diversas culturas. Para os teores de Ca, a aplicação de 0,782 g de calcário por kg de solo atingiu valores considerados suficientes. Já com a aplicação dos subprodutos, em virtude dos menores teores de Ca, os valores considerados suficientes foram encontrados com a aplicação de 1,568 e 1,393 g da

1ª e 2ª haste, respectivamente, por kg de solo. Já para o Mg, os valores foram considerados suficientes em todas as doses.

Tanto o Ca como o Mg são macronutrientes secundários. Seu fornecimento normalmente é realizado por meio da aplicação de calcário, que pode ser calcítico, magnésiano ou dolomítico quando apresenta menos de 5% de MgO, de 5-12% de MgO e acima de 12% de MgO, respectivamente (BROCH & RANNO, 2012).

A aplicação do calcário e dos subprodutos elevou os teores de enxofre na forma de sulfato ($S-SO_4^{2-}$) no solo (Figura 5). A 2ª haste foi diferente estatisticamente do calcário e 1ª haste nas doses 0,978; 1,956 e 3,912 g kg⁻¹. O maior teor de S total do material da 2ª haste (1,70%), comparado ao calcário (0,33%), proporcionou maior efeito no aumento nos teores de $S-SO_4^{2-}$ no solo. Já a 1ª haste, mesmo com teores de S total de 1,54%, semelhante à 2ª haste, se comportou de maneira diferente com a elevação das doses. Uma das explicações para que isso tenha ocorrido pode ter sido o tipo de mineralogia do subproduto, que apesar dos teores semelhantes entre si, a liberação do $S-SO_4^{2-}$ não ocorreu da mesma forma.

Assmann (1995), estudando a liberação de $S-SO_4^{2-}$ de um calcário oriundo da Formação Irati, observou que doses crescentes desse corretivo proporcionaram aumento nos teores de sulfato no solo. Além da liberação de $S-SO_4^{2-}$ por parte dos subprodutos, a elevação do pH por si só pode promover aumento na disponibilidade desse elemento no solo. Isso se dá pelo aumento da mineralização do S-orgânico e redução da adsorção de $S-SO_4^{2-}$ (CASAGRANDE et al., 2003). Avaliando a influência da calagem e de doses de P sobre a mineralização de compostos orgânicos com S, Silva et al. (1999) observaram maiores teores de SO_4^{2-} após a calagem e maior conversão de S-orgânico a SO_4^{2-} pelo aumento da disponibilidade de P.

Em relação aos níveis de suficiência de $S-SO_4^{2-}$ para as plantas: de 10 mg kg⁻¹ para as espécies das famílias das brassicáceas, fabáceas e liliáceas, e de 5 mg kg⁻¹ para as demais espécies (CQFS-RS/SC, 2016). Observa-se que em todas as doses dos insumos, os teores de S estiveram em níveis considerados suficientes para todas as famílias.

O S é um dos elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Grandes áreas do planeta apresentam solos com deficiência de S, especialmente os com baixo teor de matéria orgânica e altamente intemperizados. O S ocorre no solo na forma orgânica e inorgânica, sendo que a participação dessas duas formas varia de acordo com as condições do solo, tais como: composição mineralógica, pH, drenagem, teor de matéria orgânica e profundidade do perfil (ALVAREZ et al., 2007). O enxofre inorgânico é a forma disponível para as plantas e ocorre na forma de ânion sulfato (SO_4^{2-}). Em consequência de sua carga negativa, o sulfato não é atraído para as superfícies da argila do solo e da matéria orgânica, exceto sob determinadas condições de acidez (BISSANI et al., 1988).

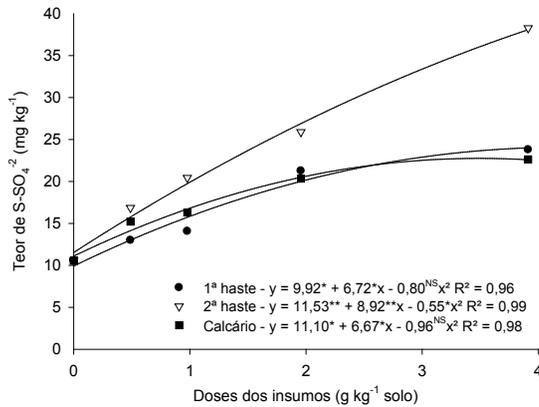


Figura 5 - Teores de $S-SO_4^{2-}$ do solo após 120 dias de incubação em função das doses dos insumos aplicadas. NS = Não significativo; * Significativo a 5%; ** Significativo a 1%.

Houve aumento nos teores de N mineral do solo com a aplicação dos insumos. Observa-se (Tabela 7) que houve efeito dos fatores dose e tipo de insumo, sendo que a dose 0,489 g kg⁻¹ apresentou os maiores valores, especialmente quando da aplicação da 2ª haste, que diferiu estatisticamente dos outros insumos nesta dose. Já em outras doses, os insumos não diferiram estatisticamente entre si.

O aumento nos teores de N mineral é devido à melhoria nas condições de mineralização do N orgânico que ocorrem com a correção da acidez do solo. Silva et al. (1994), estudando o efeito da calagem na mineralização do nitrogênio em solos de Minas Gerais observaram que o processo de mineralização do N é bastante influenciado por fatores bióticos e abióticos, entre esses, há destaque para o pH do solo.

O nitrogênio tem importante papel no metabolismo e na nutrição das plantas. Sua deficiência causa o desbalanceamento nutricional, diminuindo significativamente a produtividade das plantas, afetando a altura das plantas, o número de folhas, o diâmetro do caule e a área foliar, e seu excesso pode causar fitotoxidez (BISCARO et al., 2008).

Insumo	Dose (g kg ⁻¹ de solo)				
	0	0,489	0,978	1,956	3,912
N mineral (mg kg ⁻¹) – 120 dias de incubação					
Calcário	48,03 Ab	63,73 Ba	55,37 Aab	56,61 Aab	59,37 Aab
1ª haste	48,03 Ab	64,87 Ba	55,64 Aab	58,63 Aab	61,14 Aa
2ª haste	48,03 Ac	74,07 Aa	61,00 Ab	63,02 Ab	64,29 Aab
P (mg kg ⁻¹) – 120 dias de incubação					
Calcário	6,00 Ac	6,71 Abc	6,96 Aabc	7,34 Aab	7,79 Aa
1ª haste	6,00 Ab	6,79 Aab	6,96 Aab	7,12 Aa	7,29 Aa
2ª haste	6,00 Ab	6,96 Aab	6,96 Aab	7,04 Aab	7,17 Aa

K ⁺ (mg kg ⁻¹) – 120 dias de incubação					
Calcário	38,79 Ab	39,77 Ab	40,10 Bb	41,40 Bb	45,64 Aa
1ª haste	38,79 Ac	41,40 Abc	44,34 Aab	45,31 Aab	47,92 Aa
2ª haste	38,79 Ac	42,38 Abc	43,36 Aabc	46,29 Aab	47,27 Aa
Al ³⁺ (cmol _c kg ⁻¹) – 120 dias de incubação					
Calcário	0,14 Aa	0,08 Ab	0,05 Ac	0,05 Ac	0,05 Ac
1ª haste	0,14 Aa	0,10 Ab	0,07 Ac	0,05 Ac	0,05 Ac
2ª haste	0,14 Aa	0,10 Ab	0,07 Ac	0,05 Ac	0,05 Ac

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 7 - Teores de N mineral (N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻), P, K e Al do solo aos 120 dias de incubação em função das doses dos insumos aplicadas.

Para os teores de P no solo, observa-se aumento com a aplicação dos insumos, no entanto, não houve diferença estatística entre esses (Tabela 7). Tanto o calcário, como os subprodutos não possuem grandes teores de P na sua composição, fazendo com que o aumento dos teores de P esteja relacionado ao aumento do pH do solo causado pela aplicação desses. Contudo, segundo a CQFS-RS/SC (2016), os teores de P, em todas as doses, são enquadrados como “baixo”.

O Al e, ou, Fe em solução podem causar precipitação de fosfatos adicionados ao solo. A aplicação dos insumos, ao elevar o pH do solo pela produção de hidroxilas, pode ter promovido a solubilização de Al-P e Fe-P e diminuído a adsorção aos óxidos de Fe e Al (RAIJ, 2011). Esses resultados confirmam o que Smith & Sanchez (1980) encontraram em estudo avaliando influência do pH na sorção de P.

Os solos brasileiros são carentes em fósforo (P), em consequência do seu material de origem e da forte interação do P com o solo (RAIJ, 2011), assim, o fósforo pode ser considerado o nutriente mais limitante da produção de biomassa dos solos tropicais (NOVAIS et al., 2007). Diante disso a correção da acidez do solo é uma prática essencial para diminuir a fixação do P e consequentemente aumentar a sua disponibilidade para as culturas.

Para os teores de K⁺ no solo, houve efeito dos fatores dose e tipo de insumo. Para o fator dose, nota-se aumento nos teores desse elemento com a aplicação dos insumos, sendo que os maiores valores foram encontrados na dose 3,912 g kg⁻¹ (Tabela 7). Para o fator tipo de insumo, nota-se que a aplicação da 1ª e 2ª haste nas doses 0,978 e 1,956 g kg⁻¹ proporcionou os maiores valores, diferindo estatisticamente do calcário. Os subprodutos apresentavam em média 0,71 % de K₂O em sua composição, quase 4 vezes mais que o calcário, que possuía 0,19 %. Isso permitiu que houvesse um aporte de K por meio da adição desses. Segundo a CQFS-RS/SC (2016), os teores de K foram considerados baixos no tratamento testemunha (dose 0) e nas doses 0,489 e 0,978 g de calcário por kg de solo e médios nas outras doses de calcário e em todas dos subprodutos.

As plantas absorvem o potássio (K^+) da solução do solo, cuja concentração é mantida pelo equilíbrio com o K^+ trocável. Contudo, quando a concentração de K^+ na solução atinge valores muito baixos, pode haver difusão de parte do K^+ contido na estrutura dos argilominerais e dissolução dos minerais primários que contém K, liberando esse para as plantas (DREVER, 1994).

Para os teores de Al^{3+} trocáveis do solo, nota-se efeito isolado do fator dose (Tabela 7), sendo que o aumento da dose dos insumos proporcionou diminuição nos teores desse elemento. Nota-se ainda que houve uma estabilização dos teores de Al trocáveis do solo a partir das doses 0,978 e 1,956 g kg^{-1} para o calcário e subprodutos, respectivamente.

O Al é encontrado em solos ácidos na forma de diversas espécies solúveis, como: Al^{3+} , $AlOH^{2+}$, $Al(OH)_2^+$, $Al(OH)_4^-$, AIL (L = orgânico) e AlF_n^- . O Al^{3+} é a espécie mais tóxica às plantas. A aplicação tanto do calcário como dos subprodutos promoveu redução da toxicidade de Al pelas reações de hidrólise e formação de precipitado $Al(OH)_3$ (KINRAIDE, 1991).

A toxicidade ao alumínio é considerada um dos mais importantes problemas de toxicidade de metais em solos ácidos (ANIOL, 1990). Vários estudos demonstram que a inibição do crescimento da raiz é o sintoma mais visível da toxicidade do Al em plantas, resultando na redução e em danos ao sistema radicular, podendo colaborar à deficiência mineral e estresse hídrico (DEGENHARDT et al., 1998; FOY, 1974).

3.1 Considerações gerais

O Poder de neutralização (PN) do calcário, da 1ª e da 2ª haste foram calculados com base nos seus teores de CaO e MgO (Tabela 1) e determinados em laboratório. Pode-se observar (Tabela 3) semelhança nos resultados entre essas duas formas de verificação, sendo que a segunda apresentou tendência de maiores valores. Quanto à diferença entre os insumos, houve valores maiores para o calcário e semelhança entre os subprodutos.

A aplicação dos subprodutos proporcionou aumento no pH do solo, porém, em magnitude inferior ao calcário. Para atingir pH 6,0, foi necessário aplicar 2,3 e 2,6 vezes a quantidade em gramas da 1ª e 2ª haste, respectivamente, quando comparado ao calcário. Isso se deu devido ao menor PN dos subprodutos (54,5 e 55,8 para a 1ª e 2ª haste, respectivamente – PN calculado).

Os subprodutos, além da capacidade de elevar o pH do solo, também demonstram ser fontes de cálcio, magnésio e enxofre. Para atingir o nível considerado suficiente de cálcio para as plantas (2 $cmol_c kg^{-1}$), foi necessário aplicar 2 e 2,1 vezes a quantidade em gramas da 1ª e 2ª haste, respectivamente, quando comparado ao calcário. Já para o magnésio, para atingir o mesmo teor, comparado ao calcário, foi necessário aplicar 2,1 e 1,9 vezes a quantidade em gramas da 1ª e 2ª haste, respectivamente. Esses resultados são diretamente influenciados pelos teores de CaO e MgO desses insumos (Tabela 1), onde, por apresentar menores valores desses compostos, foi necessário neste estudo, aplicar maiores quantidades em gramas dos subprodutos. Como pôde ser observado, a

1ª e 2ª haste são fontes similares quanto à concentração e disponibilidade de cálcio e magnésio no solo.

Ao contrário do que ocorreu para o cálcio e o magnésio no solo, houve diferença entre os subprodutos em relação a disponibilidade de enxofre no solo, sendo a 2ª haste a fonte que proporcionou os maiores valores. Como exemplo, para atingir o ponto de máximo teor de enxofre analisado para a 1ª haste e calcário, foi necessário aplicar, respectivamente, doses 2,6 e 3,0 vezes menores da 2ª haste. Isso se deu, provavelmente, ao maior teor de S da 2ª haste (1,70%, Tabela 1) e a possível maior reatividade do mineral pirita presente na amostra. Como visto, a 1ª haste e o calcário apresentaram comportamento similar.

Atualmente, os coprodutos da mineração de calcário da Formação Irati podem ser considerados passivos ambientais, uma vez que são depositados em grandes pilhas, sem nenhum processo de tratamento, ou são destinados à pavimentação de estradas. Encontrar uma solução para essa situação é fundamental, e a destinação desses coprodutos em áreas agrícolas é um grande avanço no aspecto ambiental. Portanto, no presente trabalho, a eficiência na disponibilização de macronutrientes secundários para o milho demonstra que os coprodutos podem ser realocados como fontes de nutrientes para a agricultura.

4 | CONCLUSÕES

Os subprodutos da mineração de calcário da Formação Irati têm potencial de aumentar o pH do solo, contudo, necessitam maiores doses do que o calcário.

A aplicação dos subprodutos proporciona incremento nos teores de cálcio e magnésio no solo.

A aplicação do subproduto denominado 2ª haste é mais eficiente em disponibilizar enxofre para o solo.

Diante dos resultados encontrados, os subprodutos denominados 1ª e 2ª hastes, constituídas de folhelhos e lentes de calcário dolomítico, tem potencial de uso como fontes de macronutrientes secundários. Demais estudos são necessários para melhor compreender seus efeitos como fontes de macronutrientes primários, como o potássio.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, V. V. H.; ROSCOE, R.; KURIHARA, C. H.; PEREIRA, N. F. Enxofre. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**, Viçosa: SBCS/UFV, 2007. p.595-635.

ANIOL, A. Genetics of tolerance to aluminum in wheat (*Triticum aestivum* L. Thell). **Plant and Soil**, Netherlands, v.123, p.223-227, 1990.

ASSMANN, T. S. **Influência da aplicação do calcário Irati (São Mateus do Sul - PR) nos teores de S, Cu, Fe e Zn no solo e na planta de milho**. Curitiba, 1995. Dissertação, (Mestrado em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

BISCARO G. A.; MACHADO, J. R.; TOSTA, M. DA S.; MENDONÇA, V.; SORATTO, R. P.; CARVALHO, L. A. de. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS, **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, p.1366-1373, 2008.

BISSANI, C. A.; TEDESCO, M. J. O enxofre no solo. In: BORKERT, C. M.; LANTMANN, A F. (Ed.). **Enxofre e micronutrientes na agricultura**. Brasileira. Londrina: EMBRAPA SOJA. SBCS, 1988. p.11-27.

BROCH, D. L.; RANNO, S. K. Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da soja. In: **Tecnologia e Produção: Soja e Milho 2011/2012**. Fundação MS, Maracaju -MS, 2012. p.2-38.

CARMONA, F. C.; CONTE, O.; FRAGA, T. I.; BARROS, T.; PULVER, E.; ANGHINONI, I. Disponibilidade no solo, estado nutricional e recomendação de enxofre para o arroz irrigado. **Revista Brasileira em Ciência do Solo**, v.33, p.345-355, 2009.

CASAGRANDE, J. C.; ALLEONI, L. R. F.; CAMARGO, O. A.; BORGES, M. Adsorção de fosfato e sulfato em solos com cargas variáveis. **Revista Brasileira em Ciência do Solo**, v.27, p.51-59, 2003.

CHANDA, E. K. C.; DAGDELEN, K. Optimal blending of mine production using goal programming and interactive graphics systems. **International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment**, v. 9, p. 203-208, 1995.

CQFS-RS/SC - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Santa Maria: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFSM, 2016. 376 p.

DEGENHARDT, J., LARSEN, P. B.; HOWELL, S. H. Aluminum resistance in the *Arabidopsis mutant* is caused by an aluminum-induced increase in rhizosphere pH. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.117, p.19-27, 1998.

DREVER, J. I. The effect of land plants on weathering rates of silicate minerals. **Geochimica Cosmochimica Acta Journal**, v.58, p.2325-2332, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo** - 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. **Manejo da acidez dos solos de cerrado e de várzea do Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa-CNPAP, 1999. 42 p.

FOY, C. D. Effects of aluminum on plant growth. In: CARSON, E. W., ed. **The plant root and its environment**. Charlottesville, University Press, 1974. p.601- 642.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Caderno de Diagnóstico: **Resíduos Sólidos da Atividade de mineração**. IPEA, Brasília, 2012. 41 p.

KINRAID, T. B. **Identity of the rhizotoxic aluminum species**. Plant Soil, The Hague, v.134, p.167-178, 1991.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van; MALAVOLTA, E. Alternative use of the SMP-buffer solution to determine lime requirement of soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.16, p.245-260,1985.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011.

RODRIGUES, L. F.; PINTO, L. R. Análise comparativa de metodologias utilizadas no despacho de caminhões em minas a céu aberto. **Revista Escola Minas**, v.65, p.377-384, 2012.

SILVA, C. A.; VALE, F. R.; GUILHERME, L. R. G. Efeito da calagem na mineralização do nitrogênio em solos de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.471-476, 1994.

SILVA, C. A.; VALE, F. R.; ANDERSON, S. J.; KOBAL, A.R. **Nitrogen and sulfur mineralization in brazilian soils under influence of liming and phosphorus**. Pesquisa Agropecuária Bras. v.34, p.1679-1689, 1999.

SMITH, T. J.; SANCHEZ, P. Effects of lime, silicate and phosphorus applications to an oxisol on phosphorus sorption and ion retention. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.44, p.500-505, 1980.

STRECK, E. V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. As principais classes de solos identificadas no Rio Grande do Sul. In: **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008, 222 p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, G.; BISSANI, C. A. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre-RS: Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, 1995, 174 p.

TONIETTO, A.; SILVA, J. J. M. C. Valoração de danos nos casos de mineração de ferro no Brasil. **Revista Brasileira de Criminalística**, v.1, p.31-38, 2011.

WILSON J. R., C.; SLATON, N.; NORMAN, R.. **Rice production handbook**. Arkansas, Cooperative Extension Service University of Arkansas, 2006. 126 p.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agricultura biológica 1, 2, 3, 4, 7, 9, 10

Agricultura familiar 1, 2, 3, 9, 10, 127

Aminoácidos 105, 106, 107, 108, 113

Análise de variância 4, 95, 110, 172, 173, 219, 220

Análise estatística 75, 95, 162, 172, 198, 219, 220, 228

Animais de carroça 166

Aves 49, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 116, 117, 118, 119, 121, 122

C

Cães 191, 192, 201, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 213, 214, 215, 216, 217, 218

Cálcio 49, 50, 54, 101, 102, 109, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159

Cama de frango 115, 116, 117

Cavas de garimpo 124, 125, 126, 127, 128, 135

Cervo 187, 188, 189

Composición química-bromatológica 61

D

Desflorestamento 72, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 84, 86

Diagnóstico 33, 38, 103, 134, 160, 162, 168, 169, 181, 193, 194, 200, 202, 204, 208, 213, 217

E

Eclosão 106, 107, 137, 138, 139, 141, 143, 144

Enseñanza-aprendizaje 23, 25, 29, 30

Enzimas intestinais 105, 112

Equino 173, 177, 178

F

Fibra detergente neutro 61, 62, 64, 66, 68

FORAGEM 33, 34, 35, 37, 38, 43, 45, 47, 48, 54

Fósforo 49, 54, 67, 89, 100, 104, 109, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159

Fungos filamentosos 48, 52, 115, 116, 117, 118, 120, 121, 122

G

Geoprocessamento 33, 35, 38, 39, 41, 42

Georreferenciamento 13, 15, 20, 21, 22

I

Inseminação artificial 160, 161, 162, 163

L

Legislação ambiental 14, 72, 77, 82, 127

M

Macrominerais 147, 148, 149, 151, 153

Macronutrientes 50, 89, 98, 102

Meio ambiente 15, 16, 17, 22, 34, 45, 72, 74, 75, 77, 88, 90, 125, 126, 127, 132, 135, 136

Mercúrio 124, 125, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135

Milho 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 70, 78, 91, 96, 102, 103, 108, 109, 111, 112, 114, 116, 118, 149, 174, 219, 222, 224, 225, 226, 227

Mineração 89, 90, 92, 102, 103, 104, 124, 125, 126, 127, 131, 134

N

Neoplasias testiculares 208, 209, 216

Nutrição 44, 46, 49, 99, 103, 147, 181

O

Ovinos 49, 53, 55, 59, 147, 148

P

Palma forrageira 44, 45, 46, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 59, 60

Papila lingual 184

Pastagens degradadas 33, 36, 41, 42, 79

Patologia 169, 181, 183, 191, 204

Pecuária 33, 34, 35, 36, 40, 41, 42, 49, 54, 72, 73, 74, 75, 79, 80, 82, 86, 87, 88, 161, 166

Piscicultura 126, 127, 131, 132, 134, 135, 138, 141, 145

Práticas agrícolas 1, 2, 3, 6

Propriedades rurais 13, 15, 16, 38, 167

Proteína 49, 50, 51, 61, 62, 63, 66, 68, 70, 86, 109, 148, 149

R

Regressão 95, 140, 141, 144, 147, 151, 152, 153, 154, 219, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228

Regularização fundiária 13, 15, 16, 21, 22

Reprodução bovina 160

Ruminantes 44, 45, 46, 49, 50, 53, 56, 58, 148, 184, 185, 186, 187, 188

S

Sensoriamento remoto 33, 39, 40, 41, 42

Silagem 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 70, 149

Subproduto 89, 98, 102

Sustentabilidade 34, 42, 45, 72, 85, 86

T

Técnicos agropecuarios 23, 24, 25

Temperatura de incubação 138, 139, 141, 142, 144

Testes de médias 219, 221, 222, 223, 224

Tratamentos quantitativos 219, 222, 224, 227

Tumor mamário 190, 200, 202

U

Ultrassonografia 160, 162, 208, 209, 212, 216, 217

V

Vetores 115, 118, 122

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 



Inovação e tecnologia nas CIÊNCIAS AGRÁRIAS


Atena
Editora
Ano 2021

2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 



Inovação e tecnologia nas **CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

 **Atena**
Editora
Ano 2021

2