

## Potencial do Fosbio® para construção dos níveis de fósforo e boro em sistema de produção

Potential of Fosbio® for building phosphorus and boron levels in a production system

Potencial de Fosbio® para aumentar los niveles de fósforo y boro en un sistema de producción

Recebido: 28/12/2023 | Revisado: 08/01/2024 | Aceitado: 09/01/2024 | Publicado: 12/01/2024

### **Kleso Silva Franco Júnior**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6807-8889>

Centro Superior de Ensino e Pesquisa, Brasil

E-mail: [klesojr@gmail.com](mailto:klesojr@gmail.com)

### **Márcio de Souza Dias**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8367-1341>

Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, Brasil

E-mail: [marciodesouzadias2013@gmail.com](mailto:marciodesouzadias2013@gmail.com)

### **Layna Ferreira**

ORCID: <https://orcid.org/0005-0005-2451-8626>

Centro Superior de Ensino e Pesquisa, Brasil

E-mail: [laynaferreira2000@gmail.com](mailto:laynaferreira2000@gmail.com)

### **Anderson Caproni Pereira**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0127-9844>

Fazenda Santa Cruz, Brasil

E-mail: [gerencia1@santacruzfazenda.com.br](mailto:gerencia1@santacruzfazenda.com.br)

### **Sérgio Reis Almeida**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7766-2941>

Fazenda Santa Cruz, Brasil

E-mail: [reisalmeidasergio8@gmail.com](mailto:reisalmeidasergio8@gmail.com)

### **Alexandre Aparecido Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1312-5294>

Fazenda Santa Cruz, Brasil

E-mail: [carolainasantossilvasilva3637@gmail.com](mailto:carolainasantossilvasilva3637@gmail.com)

### **Elber Augusto Caixeta**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2304-181X>

Fazenda Santa Cruz, Brasil

E-mail: [elbercaixeta@hotmail.com](mailto:elbercaixeta@hotmail.com)

### **Resumo**

Este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia da aplicação de Fosbio® (Rocafeed) na fosfatagem de sistemas de produção que envolvem o cultivo de milho e aveia, analisando os níveis de fósforo e boro no solo nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. A pesquisa foi conduzida na Fazenda Santa Cruz, localizada na Rodovia MG 453/Km 13, no município de Paraguaçu-MG, durante o ano de 2023. Os parâmetros químicos foram sujeitos a análise, e com base nos resultados obtidos, calculou-se a quantidade adequada de Fosbio® a ser aplicada na área, realizando a distribuição antes do plantio das culturas comerciais. Os tratamentos consistiram em: para o milho, T1 - Controle, T2 - 516 kg/ha<sup>-1</sup> de Fosbio® e T3 - 1.235 kg/ha<sup>-1</sup> de Fosbio®; para a aveia, T1 - Controle, T2 - 500 kg/ha<sup>-1</sup> de Fosbio® e T3 - 1.000 kg/ha<sup>-1</sup> de Fosbio®. O experimento foi implantado utilizando o Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) com 5 repetições por tratamento, e os parâmetros avaliados (milho e aveia) incluíram produtividade, teores de fósforo (P) e boro (B) no solo antes do plantio e após a colheita, nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. As médias obtidas foram comparadas pelo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR®. Os resultados indicaram que o Fosbio® demonstrou eficácia ao aumentar os níveis de fósforo e boro no solo, destacando-se como uma fonte promissora para a fosfatagem na melhoria da fertilidade do solo em sistemas de produção.

**Palavras-chave:** Fosfatagem; Insumo sustentável; Rochas fosfáticas; Remineralização.

### **Abstract**

This study aimed to evaluate the effectiveness of applying Fosbio® (Rocafeed) in the phosphating of production systems involving the cultivation of corn and oats, analyzing the levels of phosphorus and boron in the soil at depths of 0 to 20 cm and 20 to 40 cm. The research was conducted at Fazenda Santa Cruz, located on Rodovia MG 453/Km 13, in the City of Paraguaçu-MG, during the year 2023. The chemical parameters were subject to analysis, and based on the results obtained, the adequate amount of Fosbio® to be applied to the area, distributing it before planting commercial crops. The treatments consisted of: for corn, T1 - Control, T2 - 516 kg/ha<sup>-1</sup> of Fosbio® and T3 - 1.235

kg/ha<sup>-1</sup> of Fosbio®; for oats, T1 - Control, T2 - 500 kg/ha<sup>-1</sup> of Fosbio® and T3 - 1.000 kg/ha<sup>-1</sup> of Fosbio®. The experiment was implemented using the Randomized Block Design (RBD) with 5 replications per treatment, and the parameters evaluated (corn and oats) included productivity, phosphorus (P) and boron (B) content in the soil before planting and after planting. harvest, in layers from 0 to 20 cm and 20 to 40 cm. The means obtained were compared using the Scott-Knott test with 5% probability, using the SISVAR® software. The results indicated that Fosbio® demonstrated effectiveness in increasing phosphorus and boron levels in the soil, standing out as a promising source for phosphating in improving soil fertility in production systems.

**Keywords:** Phosphating; Sustainable input; Phosphate rocks; Remineralization.

### Resumen

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la efectividad de la aplicación de Fosbio® (Rocafeed) en el fosfatado de sistemas de producción que involucran el cultivo de maíz y avena, analizando los niveles de fósforo y boro en el suelo a profundidades de 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm. La investigación se realizó en la Hacienda Santa Cruz, ubicada en la Rodovia MG 453/Km 13, en el municipio de Paraguaçu-MG, durante el año 2023. Los parámetros químicos fueron sometidos a análisis y, en base a los resultados obtenidos, se determinó la cantidad adecuada de Fosbio® para aplicar en la zona, distribuyéndolo antes de la siembra de cultivos comerciales. Los tratamientos consistieron en: para maíz, T1 - Controle, T2 - 516 kg/ha<sup>-1</sup> de Fosbio® y T3 - 1.235 kg/ha<sup>-1</sup> de Fosbio®; para avena, T1 - Control, T2 - 500 kg/ha<sup>-1</sup> de Fosbio® y T3 - 1.000 kg/ha<sup>-1</sup> de Fosbio®. El experimento se implementó mediante el Diseño de Bloques Aleatorios (DBA) con 5 repeticiones por tratamiento, y los parámetros evaluados (maíz y avena) incluyeron productividad, contenido de fósforo (P) y boro (B) en el suelo antes de la siembra y después de la cosecha, en capas de 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm. Las medias obtenidas se compararon mediante la prueba de Scott-Knott con 5% de probabilidad, utilizando el software SISVAR®. Los resultados indicaron que Fosbio® demostró efectividad para aumentar los niveles de fósforo y boro en el suelo, destacándose como una fuente prometedora de fosfatación para mejorar la fertilidad del suelo en sistemas de producción.

**Palabras clave:** Fosfatación; Insumos sostenibles; Rocas fosfatadas; Remineralización.

## 1. Introdução

Conforme reportado pela FAO em 2014, pouco mais de 800 milhões de indivíduos ao redor do globo enfrentam a carência de alimentos necessários para uma existência saudável e dinâmica. Adicionalmente, segundo dados da ONU em 2012, é previsto que a população mundial ultrapasse os 8 bilhões de habitantes até 2024 e alcance mais de 9 bilhões até 2050, demandando uma oferta alimentar significativamente maior. O aumento do consumo diante das exigências humanas, as restrições relacionadas à produtividade amplificam a magnitude desse desafio em aumentar a produtividade mantendo-se a mesma área produtiva.

A demanda de alimentos mundial tem se elevado consideravelmente, e levando-se em consideração a produtividade brasileira, Saath & Fachinello (2018) analisando essa necessidade mundial no período de 2012 a 2024, destacam a importância do aumento da produtividade no Brasil para responder a esta demanda do mercado internacional.

Do ponto de vista nutricional o milho é um dos cereais mais nutritivos e versáteis do mundo, tendo importância econômica tanto na alimentação humana quanto animal, sendo o Brasil um dos maiores produtores deste grão, terceiro maior produtor de acordo com dados do Departamento de Agricultura dos EUA (United States Department of Agriculture, 2022), isso entre 2017/2018 e 2020/2021, representando o equivalente a 18% do comércio internacional neste período.

A aveia é uma espécie de gramínea anual pertencente à família das Poaceae e gênero *Avena*, cuja origem segundo Schrickel (1986) foi no oriente médio a aproximadamente 2000 A.C. O IPEA (2018) destaca que embora haja várias espécies de aveia a mais cultivada é a aveia branca, representando cerca de 2% da produção mundial de grãos e que de acordo com dados do Departamento de Agricultura dos EUA (USDA, 2022) o Brasil é o sexto maior produtor e consumidor de aveia no mundo

O milho e aveia são uma das culturas mais importantes do mundo, desempenhando papel importante na balança comercial e na cadeia global de produção agrícola, sendo assim, práticas de adubações são estudadas constantemente para o desenvolvimento produtivo das culturas.

A formação da gênese dos solos brasileiros confere características distintas em relação ao elemento fósforo, onde a grande maioria dos solos aptos à agricultura no Brasil exibe níveis reduzidos desse elemento e ao serem corrigidos, parte significativa apresenta afinidade covalente com os óxidos de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), resultando em sua fixação, tornando-os adsorvidos e indisponíveis para as plantas, além das perdas pelo processo de retirada de nutrientes do solo por diferentes agentes naturais como a água que percola de forma vertical.

Paralelamente à singularidade dos solos do Brasil em relação ao fósforo (P), a agricultura passa por contínua evolução, enfrentando custos extremamente elevados quanto a produção. Torna-se crucial aprimorar os procedimentos produtivos e incorporar tecnologias mais eficazes para preservar a competitividade do setor agrícola. Pantano et al. (2016) descrevem em seu trabalho que a obtenção de P ocorre através do processo de extração de rochas fosfáticas, recursos estes não renováveis, sublinhando sua relevância, juntamente com nitrogênio e potássio, como elementos essenciais para que se obtenha altos rendimentos quanto a produtividade.

Outro ponto crucial a ser considerado é a busca constante por matérias-primas mais sustentáveis, destacando-se assim a importância da utilização de modelos de produção que envolvam a captura e armazenamento de carbono, abordagens biológicas bem como utilização de opções mais sustentáveis. Nesse cenário, destaca-se a utilização de fosfato, derivado de rochas fosfáticas, enriquecido com produtos biológicos, como uma ferramenta significativa para os sistemas de produção contemporâneos.

Conforme apontado por Sasabuchi et al. (2023), as projeções indicam um aumento na demanda por fósforo no futuro, superando a oferta disponível até 2035. Tais projeções acabam ressaltando a necessidade de uma abordagem sustentável quanto ao processo de recuperação mais eficiente deste elemento no solo. Alertas de Cordell et al. (2011) e Searchinger et al. (2013) evidenciam a situação crítica da indústria alimentícia até 2050, considerando uma população global estimada em mais de 9 bilhões de pessoas, demandando um considerável aumento na produção agrícola.

Devido à concentração geográfica do P em regiões específicas, a sua disponibilidade não é uniforme globalmente (Scholz et al., 2013), e que mais de 85% das reservas de rochas fosfáticas estão concentradas em seis países, com 74% delas localizadas no Marrocos e na República do Saara Ocidental (Cordell et al., 2013).

É relevante destacar que Scheer et al. (2017) realizando estudos que abordavam o crescimento inicial de espécies florestais, observaram o desenvolvimento superior em diâmetro e altura quando estas espécies foram expostas a fertilizantes ricos em fósforo.

Embora o Brasil tenha obtido avanços quanto a produtividade e sustentabilidade na agricultura, a dependência do setor agrícola quanto as importações de insumos, especialmente para fertilizantes, continua existindo. Esses insumos, predominantemente na forma de sais solúveis, abrangem fontes cruciais de nitrogênio (N), potássio (K) e fósforo (P), essenciais para o desenvolvimento das culturas agrícolas de acordo com Teixeira et al. (2012) e Pillon, (2017).

Em 10 de dezembro de 2013, a Presidência da República promulgou a Lei Federal nº 12.890/2013, classificando os pós de rochas como remineralizadores para a agricultura e em 10 de março de 2016, o Ministério da Agricultura emitiu a Instrução Normativa (IN) nº 53 (MAPA, 2016), estabelecendo diretrizes para o uso desses remineralizadores e condicionadores de solo. Pesquisas voltadas para métodos de análise desses insumos são cruciais para respaldar seu registro e uso apropriado na agricultura.

Não se pode esquecer que o boro (B) se destaca como um nutriente essencial, o qual atua ativamente no desenvolvimento das plantas, desempenhando funções fundamentais em diversas atividades celulares, cujas evidências apontam sua importância na germinação do grão de pólen e no processo desenvolvimento do tubo polínico, sua carência pode resultar em problemas no desenvolvimento e na redução do potencial produtivo da planta, comprometendo seus processos

fisiológicos (Javorski et al., 2014; Silva et al., 2014; Brunes et al., 2015), pois este elemento contribuem para a formação de novos tecidos, na constituição da parede celular, na integridade da membrana plasmática e no processo divisão celular.

Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a eficiência da fosfatagem com Fosbio® (Rocafeed) em sistemas de produção com o cultivo comercial de milho e aveia em relação aos teores de fósforo e boro de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm e a produtividade da cultura.

## 2. Metodologia

A mencionada pesquisa de campo segue uma abordagem quantitativa conforme metodologia descrita por Pereira et al. (2018) a qual foi conduzida na Fazenda Sta. Cruz, Rodovia MG 453/Km 13, no Município de Paraguaçu-MG, cuja Latitude é 21°31'59", Longitude 45°45'59"W, altitude média de 900 m, sendo o clima classificado como Cwa (Köppen; Geiger, 1928), temperatura média anual de 20,7 °C, com uma pluviosidade média anual de 1.227 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2021), no ano de 2023.

As glebas selecionadas estavam cultivadas com soja no verão, e logo após a sua colheita procedeu-se a coleta de amostras de solo em diferentes camadas (0-20/ 20-40 cm) com uso de trado holândes, com 20 subamostras simples para compor a amostra final (composta). Estas amostras compostas de solo foram acondicionadas em recipientes estéreis e encaminhadas para o Laboratório Riber Solos Análises Agrícolas – Ribeirão Preto/SP, cujos resultados destas análises estão representados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Análises de solo do milho e da aveia a profundidade de 0 – 20 e de 20 – 40 cm antes do plantio.

	pH (CaCl <sub>2</sub> )	MO g dm <sup>3</sup>	P Res mg dm <sup>3</sup>	P Mehlich mg dm <sup>3</sup>	Ca	Mg	K	H+Al	Al mmolc dm <sup>3</sup>	SB	CTC	V (%)	m (%)	B mg dm <sup>3</sup>	
Milho	Inicial 0-20cm	5,4	26	80	20	39	11	3	29	0	53	82	65	0	0,92
	Inicial 20-40cm	5,4	23	38	7	29	10	2,8	31	0	41,8	73	57	0	0,94
Aveia	Inicial 0-20cm	7	23	40	23	111	12	3,3	9	0	126,3	135	94	0	0,75
	Inicial 20-40cm	7	20	33	6	53	11	3	13	0	67	80	84	0	0,67

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Os solos são de textura argilosa, sendo o cultivado com Milho com 48% de Argila e o com aveia 53%.

O experimento foi implantado utilizando o Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) com 5 repetições por tratamento, sendo os respectivos tratamentos representados na Tabela 2.

**Tabela 2** – Tratamentos.

Tratamentos	Milho	Aveia
<b>T1 – Controle</b>	-----	-----
<b>T2</b>	516 kg/ha <sup>-1</sup> de Fosbio®	500 kg/ha <sup>-1</sup> de Fosbio®
<b>T3</b>	1.235 kg/ha <sup>-1</sup> de Fosbio®	1.000 kg/ha <sup>-1</sup> de Fosbio®

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Os parâmetros químicos e de granulométrica dos solos, foram analisados, e com base nos dados obtidos, foram calculados a quantidade de Fosbio® a ser aplicado na gleba, o qual foi aplicado a lanço antes da semeadura de ambas as culturas comerciais O manejo da lavoura de milho está representado na Tabela 3.

**Tabela 3** - Manejo da lavoura de milho.

<b>Plantio</b>	13-33-00 MS 15	ton.	0,15	17,10
	P 3440 PWU	sc	1,00	58,50
	P 3808 PWU	sc	1,00	26,82
<b>Trat. Sulco Plantio</b>	Bio Asis	lt	0,10	11,40
	Biotrio	lt	0,15	17,10
	Bio Free	lt	0,30	34,20
	Acadian	lt	0,30	34,20
<b>1ª Pulverização V2/V3</b>	Blend	lt	0,05	5,70
	Ultimato (Atrazina)	lt	3,00	342,05
	Glifosato Alamos	kg	1,00	114,02
	Sperto	lt	0,20	22,80
	Openeem Plus	lt	1,00	114,02
	Boveril	kg	0,50	57,01
	Aureo	lt	0,15	17,10
	Ativo	lt	0,15	17,10
	N 160	lt	30,00	3420,45
<b>2ª Pulverização V4</b>	Blend	lt	0,05	5,70
	Certero	lt	0,15	17,10
	Talisman	lt	0,60	68,41
	Octane	lt	0,50	57,01
	Openeem Plus	lt	1,00	114,02
	Exion Max	lt	1,50	171,02
	KBT Radicel	lt	0,10	11,40
	Exion Potencer	lt	0,40	45,61
	Azotrop (Azospirillum)	lt	0,50	57,01
	N 160	lt	50,00	5700,75
<b>Pulverização V5/V6</b>	Blend	lt	0,05	5,70
	Talisman	lt	0,60	68,41
	Octane	lt	0,50	57,01
	Nutril Zn	lt	1,00	114,02
	Nutril Mg	lt	1,00	114,02
	N 160	lt	50,00	5700,75
<b>3ª Pulverização V8</b>	Blend	lt	0,05	5,70
	Triziman	lt	2,00	228,03
	Sperto	lt	0,20	22,80
	N 160	lt	50,00	5700,75

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Para o cultivo da aveia, não foi realizado nenhum manejo pós semeadura.

Os parâmetros avaliados (milho e aveia) incluíram produtividade, teores de fósforo (P) e boro (B) no solo antes do plantio e após a colheita, nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm e a comparação dos atributos do solo pós colheita.

As médias obtidas foram comparadas pelo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR® (Ferreira, 2014).

### 3. Resultados e Discussão

Assim que as culturas comerciais atingiram seu ponto de colheita, procedeu-se a colheita e posteriormente foi realizado uma nova amostragem de solo, com os dados estão ressaltados na Tabela 4.

**Tabela 4** - Análise química e física do solo de 0 – 20 cm e de 20 – 40 cm para os tratamentos T1, T2 e T3.

		pH (CaCl <sub>2</sub> )	MO g dm <sup>3</sup>	P Res mg dm <sup>3</sup>	P Mehlich mg dm <sup>3</sup>	Ca	Mg	K	H+Al	Al mmolc dm <sup>3</sup>	SB	CTC	V (%)	m (%)	B mg dm <sup>3</sup>		
MILHO	0 - 20 cm	Inicial	5,4	26	80	20	39	11	3	29	0	53	82	65	0	0,92	
		T 1	5,2	30	84	29	41	11	3	28	0	55	83	66	1	1,08	
		T 2	5,3	26	95	38	39	12	6,9	29	0	57,9	87	67	1	1,13	
		T 3	4,7	24	45	13	25	6	2,2	36	0	33,2	69	48	2	2,32	
	20 - 40 cm	Inicial	5,4	23	38	7	29	10	2,8	31	0	41,8	73	57	0	0,94	
		T 1	5,3	25	40	11	36	11	3	25	0	50	75	67	1	1,12	
		T 2	5,5	24	51	13	31	11	6,3	26	0	48,3	74	65	1	1,05	
		T 3	4,9	19	24	7	22	6	2	29	0	30	59	51	2	2,3	
	AVEIA	0 - 20 cm	Inicial	7	23	40	23	111	12	3,3	9	0	126,3	135	94	0	0,75
			T 1	7,4	21	45	18	130	11	3	9	1	144	152	95	0	0,5
			T 2	5,1	23	69	19	30	7	2,5	33	1	39,6	73	54	1	0,64
			T 3	5	19	67	22	20	5	4,1	26	1	29,1	55	53	2	1,38
20 - 40 cm		Inicial	7	20	33	6	53	11	3	13	0	67	80	84	0	0,67	
		T 1	7,4	18	42	11	65	9	2,3	9	1	76,3	84	91	0	0,5	
		T 2	5,4	20	43	9	27	8	3,1	22	1	38,1	60	64	1	0,59	
		T 3	5,5	17	78	6	22	6	4,1	17	0	32,1	49	66	1	1,1	

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Analisando os resultados obtidos na Tabela 4, na camada de 0-20 cm, quando aplicado o Fosbio® e cultivado com milho safrinha, observou-se que não houve alteração significativa estatisticamente quanto aos níveis de matéria orgânica

(MO), entretanto quando observado o teor do elemento fósforo (P), principal elemento fertilizante do Fosbio<sup>®</sup>, identificou-se que tanto no extrator Mehlich quanto no P resina, houve um acréscimo nos teores com o uso da dose intermediária, ou seja, 500 kg/ha<sup>-1</sup>. Em relação aos solos no Brasil, Luchese (2023) destaca que estes são intemperizados e por isso são caracterizados por minerais de baixa CTC e que para melhorar esta característica é necessário proporcionar o aumento de carbono orgânico nos solos e que o aumento da CTC com o uso de remineralizadores irá contribuir com a formação de novas fases minerais de maior CTC e da interação destes novos minerais com a matéria orgânica.

Quanto aos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) pode-se observar que à medida que as doses eram elevadas de Fosbio<sup>®</sup>, ocorria a redução significativa nos teores destes elementos no solo, sendo o oposto observado em relação ao potássio (K), onde a aplicação 500 kg/ha<sup>-1</sup> apresentou um aporte deste nutriente no solo saindo de níveis de 3 para mais de 6, havendo também uma alteração no nível de acidez, pois doses mais elevadas contribuíram para o aumento expressivo deste parâmetro.

Em relação a disponibilidade de Mg para o solo através do uso de remineralizadores (pó de rocha) é necessário enfatizar que há trabalhos que apresentam resultados positivos indicando o incremento dos teores de Mg com a aplicação de remineralizadores, como os estudos realizados por Resende et al. (2006) e Melo et al. (2012), porém há trabalhos que não obtiveram resultados significativos quando ao incremento deste elemento no solo, sendo observado até mesmo a redução nos teores de magnésio (Ribeiro et al., 2010; Luchese et al., 2021), o mesmo ocorre com o cálcio, onde se pode encontrar trabalhos tanto com resultados positivos quanto sem resultados com relação ao cálcio e ao magnésio, mas quando comparados estes resultados é possível observar uma maior frequência de resultados positivos em relação ao magnésio do que em relação ao cálcio quanto a liberação significativa (Swoboda et al., 2022).

Em relação aos resultados obtidos para a camada de solo de 20-40 cm (Tabela 4), os teores de matéria orgânica (MO) caíram quando do uso de altas doses de Fosbio<sup>®</sup>, o que poderia estar relacionado a atividade microbiana do solo para solubilizar o P, vindo a demandar o consumo de carbono (C) no sistema e sua consequente redução dos níveis de MO.

Para os teores de P tanto nos extratores Mehlich quanto resina os melhores teores foram em dose de 500 kg/ha<sup>-1</sup> de Fosbio<sup>®</sup>, onde a dose maior proporcionou, inclusive, o decréscimo do elemento, o que foi observado também em relação ao Ca e Mg cujas altas doses de P provocaram uma redução no teor destes elementos no solo.

O K é um macronutriente de grande importância para enchimento de grãos e a fisiologia da abertura e fechamento de estômatos da planta, o uso de uma dose intermediária de Fosbio<sup>®</sup>, ou seja, 500 kg/ha<sup>-1</sup> foi a que elevou os níveis de K no solo. Swoboda et al. (2022) avaliando trabalhos que relatavam a aplicação de remineralizadores puderam verificar que mais de 60% dos trabalhos descreviam respostas significativas quanto da liberação do potássio com a aplicação de remineralizadores, Luchese et al. (2021) ainda destacam que em tais trabalhos as respostas de potássio no solo e tecido variava com a aplicação do mesmo remineralizador em função do tipo de solo e até mesmo da cultura semeada.

Para o sistema de produção que foi cultivado aveia, na camada de 0-20 cm os níveis de MO não houve diferença estatística, para P extrator resina houve aumento no teor do elemento com o uso do Fosbio<sup>®</sup>.

Já para o P Mehlich os teores foram positivos de acordo com o aumento da dose aplicada, onde os níveis de cálcio e magnésio do solo reduziram com a aplicação do Fosbio<sup>®</sup>, sendo observado um aumento expressivo de H no solo com o uso do Fosbio<sup>®</sup> e uma redução da soma de bases (Ca+Mg+K) uma vez que houve uma elevação de H, o qual fica aderido aos colóides do solo, ocupando pontos de cargas que eram para estar ligados as bases de efeitos nutritivos para as plantas.

Na camada mais profunda (20-40 cm) (Tabela 4) os teores de MO não alteraram, ressaltando que em camadas mais profundas a alteração nos níveis de MO é mais lento e depende muito de raízes que são a principal contribuição para alterações deste parâmetro.

O teor de P resina no solo, com a dose de 1.000 kg/ha<sup>-1</sup> foi influenciada positivamente, elevando o teor do elemento no solo, este aumento também foi verificado por outros autores quando da aplicação de pó de rocha avaliado por resina

(Resende et al., 2006; Martins et al., 2015), entretanto, em relação ao extrator Mehlich, a dose mais elevada de Fosbio<sup>®</sup>, reduziu significativamente o teor do elemento o que diverge dos resultados obtidos por Ribeiro et al. (2010), Martins et al. (2015) e Luchese et al. (2021), os quais obtiveram resultados positivos para o incremento de doses elevadas relacionadas a aplicação de remineralizador (pó de rocha) resultaram em aumento no teor de fósforo no solo. Os teores de Ca e Mg com o uso do Fosbio<sup>®</sup> não tiveram alteração, contrário ao macro nutriente K. O uso do Fosbio<sup>®</sup> proporcionou uma redução da soma de bases (Ca+Mg+K) uma vez que houve uma elevação de H e os efeitos nutritivos para as plantas quanto a aplicação de Fosbio<sup>®</sup> no solo, proporcionou uma maior disponibilidade de H no solo.

**Tabela 5** - Teores de boro mg/dm<sup>3</sup> resina no solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm na cultura do milho.

Tratamentos	Dosagem de Fosbio <sup>®</sup> (Kg/ha <sup>-1</sup> )	B(%) (0-20 cm)	B(%) (20-40 cm)
Inicial	-	0,92	0,94
1 (controle)	Zero	1,08 C	1,12 B
2	516	1,13 B	1,05 B
3	1.235	2,32 A	2,3 A
<b>CV (%)</b>		<b>14,32</b>	<b>12,66</b>

\*Letras diferentes indicam diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Dados da pesquisa (2023).

No cultivo do milho observou-se um aumento significativo de boro (Tabela 5) quando se aplicou doses mais elevadas de Fosbio<sup>®</sup>, conforme previsto, onde a aplicação de 516 kg/ha<sup>-1</sup> de Fosbio<sup>®</sup> resultou em um aumento de 0,04 mg/dm<sup>3</sup> na concentração de boro na camada de 0-20 cm do solo, enquanto na camada de 20-40 cm não foram observadas diferenças estatisticamente significativas.

No entanto, ao utilizar dose elevada de Fosbio<sup>®</sup>, os níveis de boro aumentaram para 1,24 mg/dm<sup>3</sup> na camada de 0-20 cm e 1,18 mg/dm<sup>3</sup> na camada de 20-40 cm. Vale destacar aqui que o produto contém 0,5% de boro, o que significa que a aplicação de 516 kg/ha<sup>-1</sup> de Fosbio<sup>®</sup> resultaria em um fornecimento de aproximadamente 2,58 kg/ha<sup>-1</sup> de boro, enquanto a aplicação de 1.235 kg/ha<sup>-1</sup> de Fosbio<sup>®</sup> resultaria em um fornecimento de aproximadamente 6,17 kg/ha<sup>-1</sup>. Em um estudo anterior no cultivo de soja, Trautmann et al. (2014) observaram a ocorrência de um aumento linear nos níveis de boro no solo com o aumento das doses aplicadas, resultando em sintomas típicos de toxicidade de boro nas folhas da soja na maior dose, o que não foi observado no milho safrinha.

Quanto ao nível de boro no solo relacionado ao cultivo de aveia (Tabela 6), o fornecimento de 500 kg/ha<sup>-1</sup> de Fosbio<sup>®</sup> resultou em um aumento de 0,14 mg/dm<sup>3</sup> na concentração de boro na camada de 0-20 cm do solo, entretanto, na camada de 20-40 cm, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas, entretanto ao se utilizar dose elevada de Fosbio<sup>®</sup>, os níveis de boro aumentaram para 0,88 mg/dm<sup>3</sup> na camada de 0-20 cm e 0,6 mg/dm<sup>3</sup> na camada de 20-40 cm.

**Tabela 6** - Teores de boro mg/dm<sup>3</sup> resina no solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm na cultura da aveia.

Tratamentos	Dosagem de Fosbio (Kg/ha <sup>-1</sup> )	B(%)	
		0-20 cm	20-40 cm
Inicial	-	0,75	0,67
1 (Controle)	Zero	0,5 C	0,5 B
2	500	0,64 B	0,59 B
3	1.000	1,38 A	1,1 A
<b>CV (%)</b>		<b>4,77</b>	<b>3,86</b>

\* Letras diferentes indicam diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Esses resultados indicam que o uso de Fosbio<sup>®</sup> é uma opção viável no que se refere ao aumento dos níveis de boro no solo, tanto em camadas superficiais do solo quanto em camadas profundas. Essa observação está alinhada com estudos anteriores, como os realizados por Shelp (1993), o qual destaca o efeito positivo da adubação com boro quanto ao crescimento do sistema radicular, e os estudos de Cakmak e Römheld (1988), os quais que enfatizam que o elemento B contribui como uma série fatores fisiológicos da planta como a síntese da parede celular, da integridade da membrana plasmática, e que sua deficiência acaba contribuindo com a inibição significativa quanto ao desenvolvimento do sistema radicular, conforme mencionado por Shelp (1993).

Após as culturas terem atingido seu ponto de maturação e ficando aptas a colheita, foi então realizada esta operação, onde foram analisados os dados de produtividade, os quais estão representados na Tabela 7.

**Tabela 7** - Produtividade do milho safrinha e da aveia submetidos ao fornecimento de Fosbio<sup>®</sup>.

Tratamentos	Dosagem de Fosbio <sup>®</sup> (Kg/ha <sup>-1</sup> )		Produtividade (ton/ha <sup>-1</sup> )	
	Milho	Aveia	Milho	Aveia
	<b>1 (controle)</b>	0	0	7.246 A
<b>2</b>	516	500	7.000 A	3.725 A
<b>3</b>	1.235	1.000	6.828 B	3.477 B
<b>CV(%)</b>			<b>18,34</b>	<b>12,55</b>

\* Letras diferentes indicam diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Para o sistema de produção com o milho (Tabela 7), como houve o fornecimento de P baseado no potencial produtivo, o tratamento controle, foi o que resultou em maior produtividade, porém não diferenciando estatisticamente do fornecimento de 516 kg/ha<sup>-1</sup>, destaca-se que no caso deste trabalho, a ideia era elevar os teores do elemento no solo, e consequentemente poderia gerar indicadores positivos em produtividade.

Quando analisado os dados da aplicação do Fosbio<sup>®</sup> na dosagem de 516 kg/ha<sup>-1</sup>, observou-se que não houve diferença estatística em relação ao tratamento em que não houve a aplicação de Fosbio<sup>®</sup>, e que a aplicação de dose equivalente 1.235 kg/ha<sup>-1</sup> apresentou resultado inferior aos obtidos pelo controle e dosagem de 516kg/ha<sup>-1</sup>, isso pode ter se dado. Acredita-se que devido a maior quantidade fornecida de P no solo, pode ter ocorrido o prejuízo quanto a absorção de outros nutrientes, o que é bastante comum. Husnaina et al. (2014) destacam que o uso de remineralizadores ocasionam o aumento de substâncias que contribuem com a fertilidade do solo, com o efeito residual e com o desenvolvimento da área foliar da planta. É importante ressaltar que a utilização de remineralizadores acabam promovendo a liberação lenta dos nutrientes ao longo do tempo, um

longo tempo, diferentemente dos adubos solúveis que podem contribuir com o aumento excessivo de nutrientes no solo, e até mesmo contribuir com o aumento significativamente de gases poluentes da atmosfera (Carvalho & Mundstock, 2012).

Pode-se inferir que para um cultivo de milho segunda safra, o potencial alcançado foi satisfatório, destacando-se que a aplicação do fertilizante NPK 13-33-00 foi suficiente para suprir as necessidades nutricionais da cultura.

Em relação ao sistema de produção com a aveia (Tabela 7), analisando-se a produtividade, foi possível constatar os tratamentos que receberam doses de Fosbio® apresentaram produtividade maior quando comparados ao controle, sendo a dosagem de 500 kg/ha<sup>-1</sup> a que apresentou melhor produtividade dentre os outros tratamentos, o que demonstra que o fornecimento de P exerceu função direta na produção da cultura.

Almeida Junior et al. (2022) realizando pesquisa com soja no cerrado destacam o uso de pó de rocha como opção de fertilizante natural cujos resultados onde os quais obtiveram resultados significativos (positivos), onde os mesmos autores em 2021 também obtiveram resultados positivos quanto ao uso de remineralizadores (pó de rocha) em substituição aos fertilizantes convencionais quando comparados ao tratamento controle. Entretanto é necessário ressaltar que Raji (1991) alerta para o fato de que doses elevadas de remineralizadores pode ser comparada com a Lei dos Incrementos Decrescentes.

Analisando a aplicação de doses equivalentes a 1.000 kg/ha<sup>-1</sup> pode-se constatar uma redução quanto a produtividade o que poderia ser justificado pelo aumento da dosagem em função do ponto máximo de eficiência técnica por hectare do remineralizador fosfato natural conforme descrito por Almeida Júnior et al. (2022).

Vale ressaltar que a aplicação de determinado nutriente exerce influência linear até um determinado nível de produtividade, Lei dos Incrementos Decrescentes (Mitscherlich, 1954), o que pode ter sido evidenciado nesta pesquisa quando observado os tratamentos e os resultados obtidos.

Os impactos imediatos na fertilidade do solo em termos de produtividade são bastante restritos a curto prazo, devido à presença de diversas reações químicas, físicas e biológicas no solo, ressaltando que esses processos frequentemente restringem a disponibilidade imediata de nutrientes para as plantas.

#### 4. Conclusão

O Fosbio® é uma opção interessante para elevar os teores de P e B no solo, sendo uma boa fonte para fosfatagem em construção de fertilidade do solo em sistemas de produção.

Não é a intenção abordar exaustivamente o tema neste momento, ao contrário, sugere-se que sejam conduzidas pesquisas suplementares, uma vez que se acredita que a aplicação de remineralizadores pode desempenhar um papel crucial no aumento substancial da eficiência na produção de culturas agrícolas.

#### Referências

Almeida Júnior, J. J., Smiljanic, K. B. A., Matos, F. S. A., Perozini, A. C., Silva, R. F., Araújo, S. L., & Dutra, J. M. (2021) *Milho em segunda safra com a utilização do remineralizador micaxisto em consórcio com fertilizante orgânico implantado no centro-oeste do Brasil*. Agricultura sustentável e lucrativa/Organizador Joaquim Júlio de Almeida Júnior. Ponta Grossa - PR: Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.9752116063>

Almeida Júnior, J. J., Smiljanic, K. B. A., Matos, F. S. A., Pereira, R. M., Filho, E. T. S., Cremonese, H. S., Mendonça, A. F., Santos, M. M., Silva, L. F., Barbosa, U. R., Miranda, B. C., & Silva, V. J. A. (2022). Fosfato natural reativo como remineralizador de solo utilizado na cultura de soja na região de Cerrado. *Conjecturas*, 22(9), 1-14. <https://doi.org/10.53660/CONJ-1288-X56>

Barcellos, A. O., Ramos, A. K. B., Vilela, L., & Junior, G. B. M. (2008). Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 51-67.

Beneduzzi, B. E. (2011). *Rochagem: agregação das rochas como alternativa sustentável para a fertilização e adubação de solos*. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS. <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/55696/000858721.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

Brasil. Presidência da República casa civil. Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013. Inclui os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. Brasília, 2013.

- Brasil. Instrução Normativa MAPA nº 53, D.O.U. 10/03/2016, sobre a regulamentação e outras providências. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ministério do Meio Ambiente.
- Brunes, A. P., Oliveira, S. D., Lemes, E. S., Tavares, L. C., Gehling, V. M., Dias, L., & Villela, F. A. (2015). Adubação boratada e produção de sementes de trigo. *Ciência Rural*, 45(1), 1572-1578. <https://www.scielo.br/j/cr/a/WQJrmYDBsCdMQbWxQQVykBc/?lang=pt>
- Cakmak, I. & Römheld, V. (1998). Boron deficiency-induced impairments of celular functions in plants. In: Dell, B., Rown, P.H. & Bell, R.W., eds. *Boron in soil and plants: Review. Symposium*. Chiang Mai. *Plant Soil*, 193(1),71-83.
- Carvalho, A., & Mundstock, X. (2012). Rochagem e suas interações no ambiente solo: contribuições para aplicação em agrossistemas sob manejo agroecológico, 2012. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/1631/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> .
- Climate-data.org. Clima Paraguaçu. (2021). Disponível em: <<https://pt.climatedata.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/poco-fundo-25005/>>. Acesso em: 02 dez. 2023.
- Cordell, D., Rosemarin, A., Schröder, J. J., & Smit, A. L. (2011). Towards global phosphorus security: a systems framework for phosphorus recovery and reuse options. *Chemosphere*, 84(6), 747-58. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.02.032>
- Cordell, D., & White, S. (2013). Sustainable Phosphorus Measures: Strategies and Technologies for Achieving Phosphorus Security. *Agronomy*, 3, 86-116. <https://doi.org/10.3390/agronomy3010086>
- FAO, The state of food insecurity in the world (2014). Food and Agriculture Organization of the United Nations,Home, Disponível em<Disponível em<<http://www.fao.org/publications/sofi/en/>>
- Ferreira, D. F. (2014). Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(2), 109-112. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>
- Husnaina, Rochayatia, S., Sutriadia, T., Nassirb, A., & Sarwanic, M. (2014). Improvement of Soil Fertility and Crop Production through Direct Application of Phosphate rock on Maize in Indonesia. *Symphos*, 83, (1), 336-343.
- IPEA. (2018). Barreiras fitossanitárias sobre as importações no Brasil: o caso da aveia. Brasília. Disponível em:<[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9480/1/Barreiras\\_fitossanitarias%20sobre%20as%20importa%20c3%a7%20c3%b5es%20no%20Brasil\\_o%20caso%20da%20aveia.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9480/1/Barreiras_fitossanitarias%20sobre%20as%20importa%20c3%a7%20c3%b5es%20no%20Brasil_o%20caso%20da%20aveia.pdf)>. Acesso: 29 nov. 2023
- Javorski, M., Rinaldi, L. K., Javorski, D., Simonetti, A. P. M., & Moreira, G. C. (2014). Qualidade de sementes de milho produzidas com diferentes doses de cálcio e boro. *Revista Cultivando o Saber*, 7(3), 41-51. <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/605>.
- Köppen, W., & Geiger, R. (1928). *Klimate der Erde, Justus Perthes*, Gotha.
- Luchese, A. V., Pivetta, L. A., Batista, M. A., Steiner, F., Giaretta, A. P. S., & Curtis, J. C. D. (2021). Agronomic feasibility of using basalt powder as soil nutrient remineralizer. *African Journal of Agricultural Research*, 17(1), 487-497.
- Luchese, A. (2023). Alterações químicas do solo promovidas por remineralizadores. *Abrefen*, 1(1), 1. <https://abrefen.org.br/2023/06/28/alteracoes-quimicas-no-solo-promovidas-por-remineralizadores>
- Martins, V., Silva, D. R. G., Marchi, G., Leite, M. C. A., Martins, É. S., Gonçalves, A. S. F., & Guilherme, L. R. G. (2015). Effect of alternative multinutrient sources on soil chemical proprieties. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39(1), 194-204.
- Melo, V. F., Uchôa, A. C. P., Dias, F. O., & Barbosa, G. F. (2012). Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. *Acta amazônica*, 42(4), 471 – 476.
- Mitscherlich, E. A. (1954). *Bodenkunde, Für Landwirte, Forstwirte und Gärtner*, Berlím. (7a ed.), 168p.
- ONU. (2012). United nations, department of economic and social affairs The United Nations, Population Division, Population Estimates and Projections Section.
- Pantano, G., Grosseli, G. M., Mozeto, A. A., & Fadini, P. S. (2016). Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar. *Química Nova*, 39(6), 732-740. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20160086>
- Pereira, A. S. Shitsuka, D. M., Parreira, F. J. & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. UFSM. [https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/358/2019/02/Metodologia-da-Pesquisa-Cientifica\\_final.pdf](https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/358/2019/02/Metodologia-da-Pesquisa-Cientifica_final.pdf)
- Pillon, C. N. (2017). *Anais do III Congresso Brasileiro de Rochagem*, Pelotas, Brasil. Embrapa Clima Temperado. p. 15.
- Raij, B. V. (1991). *Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba*, Ceres Potafos, 1(1), 343p.
- Resende, A. V., Machado, C. T. T., Martins, É. S., Sena, M. C., Nascimento, M. T., Silva, L. C. R., & Lionhares, N. W. (2006). Rochas como fontes de potássio e outros nutrientes para culturas anuais. *Espaço & Geografia*, 9(1), 135-161.
- Ribeiro, L. S., Santos, A. R., Souza, L. F. S., & Souza, J. S. (2010). Rochas silicáticas portadoras de potássio como fontes do nutriente para as plantas solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(1), 891-897. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000300030>.
- Saath, K. C. O., & Fachinello, A. L. (2018). Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. *Revista De Economia E Sociologia Rural*, 56(2), 195–212. <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560201>
- Sasabuchi, I. T. M., Krieger, K. S., Nunes, R. S., Ferreira, A. C., Xavier, G. T. M., Urzedo, A. L., Carvalho, W. A., & Fadini, P. S. (2023). Sustentabilidade no uso de fósforo: uma revisão bibliográfica com foco na situação atual do estado de São Paulo, Brasil. *Química Nova*, 46(2), 185–198. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170967>

- Scheer, M. B., Carneiro, C., Bressan, O. A., & Santos, K. (2017). Crescimento inicial de quatro espécies florestais nativas em área degradada com diferentes níveis de calagem e adubação. *Revista Floresta*, 47(3), 279-287.
- Scholz, R. W., Ulrich, A. E., & Eilittä, M. R. (2013). Amit. Sustainable use of phosphorus: A finite resource. *Science of The Total Environment*, 461(1), 799 – 803. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.043>
- Schröckel, D. J. (1986). *Oats production, value, and use*. In: WEBSTER, F. H. Oats chemistry and technology. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, p.1-10.
- Searchinger, T., Hanson, C., Ranganathan, J., Lipinski, B., Waite, R., Winterbottom, R., Dinshaw, A., & Heimlich, R. (2013). *Creating a Sustainable Food Future: Interim Findings – ONU report* Organização das Nações Unidas. <http://www.wri.org/publication/creating-sustainable-food-future-interim-findings>
- Shelp, B. J. (1993). *Physiology and biochemistry of boron in plant*. In: GUPTA, U.C., ed. Boron and its role in crop production. Boca Raton, CRC Press. p.53-85.
- Silva, I. F., Barbosa, A. M., Tiritam, C. S., & Catuchi, T. A. (2014). Adubação boratada na cultura do arroz em solos de cerrado de baixa fertilidade. *Colloquium Agrariae*, 10(1), 1-8. <https://doi.org/10.5747/ca.2014.v10.nesp.000130>
- Swoboda, P., Döring, T. F., & Hamer, M. (2022). Remineralizing soils? The agricultural usage of silicate rock powders: A review. *Science of the Total Environment*, 3, 807. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150976>.
- Teixeira, A. M. S., Sampaio, J. A., Garrido, F. M. S., & Medeiros, M. E. (2012). Avaliação da rocha fonolito como fertilizante alternativo de potássio. *Holos*, 5, 21-33. <https://doi.org/10.15628/holos.2012.1102>
- Trautmann, R. R., Lana, M. C., Guimarães, V. F., Gonçalves Jr., A. C., & Steiner, F. (2014). Potencial de água do solo e adubação com boro no crescimento e absorção do nutriente pela cultura da soja. *Revista Brasileira De Ciência Do Solo*, 38(1), 240–251. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000100024>
- United States Department of Agriculture – USDA. (2022). Grain: World Markets and Trade. United States Department of Agriculture. Disponível: <<https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/zs25x844tj3860r71x/7h14b7488/grain.pdf>>. Acesso: 15 nov. 2023.
- United States Department of Agriculture – USDA. (2022). *Grain: world markets and trade*. Disponível em: < <https://www.fas.usda.gov/data/grain-world-markets-and-trade>> Acesso: 28 de nov. de 2023.