

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Organizadores

Pesquisas agrárias e ambientais

Volume XIII



2022

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Organizadores

Pesquisas agrárias e ambientais
Volume XIII



Pantanal Editora

2022

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Profa. MSc. Adriana Flávia Neu
Profa. Dra. Allys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Profa. MSc. Aris Verdecia Peña
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. MSc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto
Prof. MSc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez
Profa. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Profa. MSc. Mary Jose Almeida Pereira
Profa. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Profa. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Profa. Dra. Patrícia Maurer
Profa. Dra. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
MSc. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira
Profa. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Instituição

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Mun. Rio de Janeiro
UNMSM (Peru)
UFMT
Mun. de Chap. do Sul
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
P472	Pesquisas agrárias e ambientais [livro eletrônico] : volume XIII / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2022. 93p. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web ISBN 978-65-81460-61-7 DOI https://doi.org/10.46420/9786581460617 1. Ciências agrárias – Pesquisa – Brasil. 2. Meio ambiente. 3.Sustentabilidade. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González. CDD 630
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Apresentação

As áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais são importantes para a humanidade. De um lado, a produção de alimentos e do outro a conservação do meio ambiente. Ambas, devem ser aliadas e são imprescindíveis para a sustentabilidade do planeta. A obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.

O e-book “Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume XIII” é a continuação de uma série de volumes de e-books com trabalhos que visam otimizar a produção de alimentos, o meio ambiente e promoção de maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas e animais. Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas: cinética de dessorção de P com uso de fitas-Fe em Neossolo; matéria orgânica como condicionante do solo; contribuições e desafios do agronegócio cooperativo; clonagem de espécies arbóreas; aplicação de nitrogênio nos componentes de produtividade do milho; produção de biocarvão e sua influência na fertilidade do solo, crescimento e produção de pimentão verde; e, agroecologia aplicada no barlavento do tabuleiro. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e do ambiente, ou melhorar a qualidade de vida da sociedade. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na área de Ciência Agrárias e Ciências Ambientais Volume XIII, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora. Por fim, esperamos que este ebook possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e avanços para as áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

Os organizadores

Sumário

Apresentação	4
Capítulo 1	6
Cinética de dessorção de P com uso de fitas-Fe em Neossolo Regolítico do Agreste paraibano	6
Capítulo 2	16
Contribuições e Desafios do Agronegócio Cooperativo	16
Capítulo 3	27
Clonagem de espécies arbóreas como estratégia para implantação de povoamentos de alta produtividade	27
Capítulo 4	36
Aplicação de nitrogênio nos componentes de produtividade do milho no Bioma Amazônia	36
Capítulo 5	47
Produção de biocarvão e sua influência na fertilidade do solo, crescimento e produção de pimentão verde	47
Capítulo 6	62
Agroecologia aplicada no barlavento do tabuleiro de Tucano Norte – Bahia	62
Capítulo 7	80
Matéria orgânica como condicionante do solo	80
Índice Remissivo	92
Sobre os organizadores	93

Cinética de dessorção de P com uso de fitas-Fe em Neossolo Regolítico do Agreste paraibano

Recebido em: 06/09/2022

Aceito em: 12/09/2022

 10.46420/9786581460617cap1

Kalline de Almeida Alves Carneiro^{1*} 

Vânia da Silva Fraga² 

Marcus Metri Corrêa³ 

Rodrigo Santana Macedo¹ 

Letícia Moro¹ 

Alexandre Pereira de Bakker¹ 

Jhony Vendruscolo⁴ 

INTRODUÇÃO

As aplicações de altas doses de esterco bovino em solos de áreas de agricultura familiar são contínuas, principalmente em solos arenosos como os Neossolos Regolíticos da região Nordeste. As pesquisas realizadas demonstram que a acumulação dos teores de fósforo (P) nas camadas superficiais em virtude dessas adubações é significativa, ocasionando suas perdas por lixiviação (Galvão et al., 2008) para camadas mais profundas do solo (Galvão; Salcedo, 2009), mas também é passível de perdas por escoamento superficial que acarreta em sua acumulação em corpos hídricos causando eutrofização (Bergstrom et al., 2015).

A dinâmica do P no solo está associada à sua forte interação com a fase sólida (adsorção), notadamente em óxidos de Fe e ou Al e devido à sua precipitação com Ca na forma de fosfatos de Ca, que ocasiona a redução da concentração de P na solução do solo (Abdala et al., 2015) e consequente baixa disponibilidade desse nutriente às plantas.

Essa dinâmica é complexa e é influenciada por diversos fatores do solo, tais como a textura, mineralogia (Novais; Smyth, 1999), sistemas de manejo, adubações minerais e orgânicas (Guardini et al., 2012), fatores ambientais bióticos e abióticos (Resende et al., 2011) e sorção (Hadgu et al., 2014).

A sorção (absorção e adsorção ocorrendo simultaneamente) de P no solo é regulada por processos físicos e químicos, além dos processos de mineralização e de imobilização. Dentre os processos físicos destacam-se forças de atração de Van der Waals e forças eletrostáticas de complexos de esfera externa (troca de ânions, referindo-se à adsorção não específica) (Tokura et al., 2014).

¹ Instituto Nacional do Semiárido

² Universidade Federal da Paraíba

³ Universidade Federal Rural de Pernambuco

⁴ Universidade Federal do Amazonas

* Autora correspondente: kallinequimica2014@gmail.com

A adsorção do íon fosfato ocorre quando o mesmo é fixado pelo componente do solo (adsorvente). Essa ligação pode ocorrer com a presença de molécula de água interpondo o íon fosfato com o componente do solo, tornando-a pouco estável. Mas, com a desidratação desta ligação em função de sua maior força de atração, o íon fosfato liga-se diretamente ao componente do solo/adsorvente (hidroxilas) tornando-a covalente com uma ou mais ligações (Meurer, 2010).

Já a dessorção (P torna-se disponível para as plantas) e o aumento da saturação de P no solo, pode ocorrer através da aplicação contínua de adubações orgânicos e inorgânicos nos solos agrícolas, os quais, não são imediatamente absorvidos ou retidos pelas plantas, mas, que podem se acumular nos solos ocasionando o transporte vertical (lixiviação) de P e suas perdas para as águas subterrâneas (Boitt et al., 2018), contribuindo assim para o processo de eutrofização causada pelo aporte excessivo de nutrientes, predominantemente nitrogênio e fósforo, provenientes de regiões agrícolas (Pantano et al., 2016).

A capacidade máxima de adsorção de P é avaliada através do estudo das isotermas (Tamungang et al., 2016). A isoterma de Langmuir se baseia na adsorção em sítios uniformes com recobrimento em monocamada e afinidade iônica independentemente da quantidade de material adsorvido. Já a dessorção de P pode ser avaliada realizando extrações sucessivas com fitas de papel impregnadas com oxihidróxidos de ferro (Fitas-Fe) (Van der Zee et al., 1987).

Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a cinética de dessorção de P em áreas adubadas e não adubadas de agricultura familiar do Agreste paraibano, por meio de extrações sucessivas do P adsorvido com o uso de fitas-Fe.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no município de Remígio, mesorregião do Agreste da Paraíba, Brasil, em duas áreas com solos adubados anualmente (1RA e 2RA - 6°59'0,4" W e 6°59'0,8" S, 495 m) e duas em solos não adubados há cinco anos (3RN e 4RN - 35°47'50" W e 35°52'14" S, 631 m). As áreas são utilizadas por pequenos produtores para o cultivo de milho (*Zea mays* L.), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) (Figura 1).

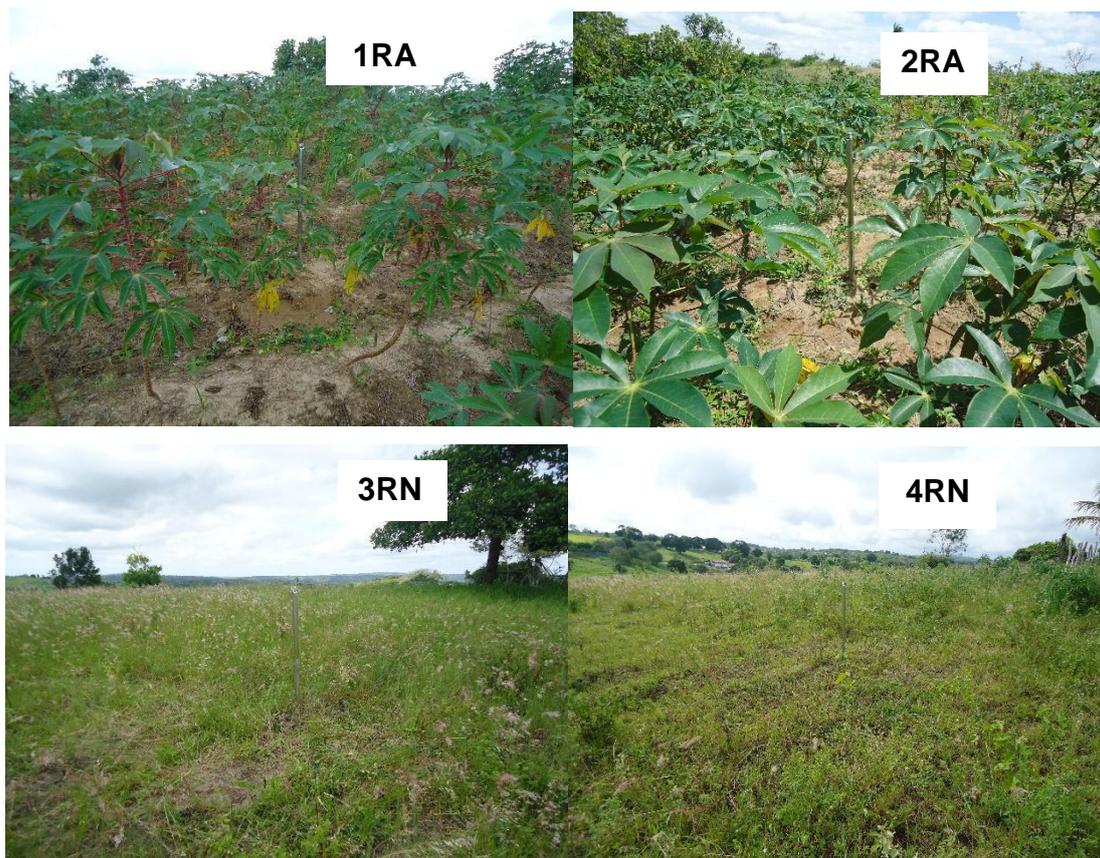


Figura 1. 1RA e 2RA - áreas adubadas nos últimos cinco anos; e 3RN e 4RN – áreas não adubadas, localizadas em Remígio, Agreste paraibano, Brasil.

As áreas de estudo pertencem ao tipo climático “As”, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (Alvares et al., 2013), definida como clima úmido e seco tropical com estação seca, precipitação média anual de 662 mm e temperatura média de 25° C.

O solo das áreas é classificado como Neossolo Regolítico eutrófico segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018). O terreno em todas as áreas é suave ondulado. As análises foram realizadas de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (Teixeira et al., 2017), os atributos químicos foram avaliados conforme critérios definidos por Cavalcanti (2008).

Foi realizada uma amostragem aleatória sistemática simples (setembro de 2016) com a fixação de dez pontos amostrais para cada área, retirando-se em cada ponto, amostras de solo deformadas na camada de 0-10 cm. As dez amostras simples de cada área foram homogeneizadas constituindo uma única amostra composta para cada área avaliada. Após a coleta, as amostras compostas de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de malha de 2,0 mm TFSA (terra fina seca ao ar) e divididas em triplicatas de laboratório, nas quais foram realizadas a caracterização físico-química (Tabelas 1 e 2). Estas mesmas amostras de solo foram também utilizadas para instalação do experimento de deslocamento miscível de P em colunas (Figura 2), após esse experimento o solo foi usado para avaliar a cinética de dessorção de P com extrações sucessivas com fitas-Fe.

Tabela 1. Caracterização química e interpretação dos teores médios de Neossolos Regolíticos eutróficos na camada de 0 - 10 cm em áreas adubadas anualmente (RA) e não adubadas há 5 anos (RN) com esterco bovino, localizadas em Remígio, Agreste paraibano.

Atributos ⁽¹⁾	Unidades	RA	RN
pH	1:2,5 (H ₂ O)	6,7 – AF	6,6 – AF ⁽²⁾
	1:2,5 (KCl)	5,6	5,6
COT	mg g ⁻¹	0,9 - MB	0,7 - MB
Ca ²⁺ _{ex}	cmol _c kg ⁻¹	0,7- B	0,6 – B
Mg ²⁺ _{ex}	cmol _c kg ⁻¹	0,8 - M	0,8 – M
H+Al ³⁺	cmol _c kg ⁻¹	5,6- A	5,6 – A
Al ³⁺	cmol _c kg ⁻¹	0,1 - MB	0,1 - MB
K ⁺	mg kg ⁻¹	51,7 - A	66,3 – A
Na ⁺	mg kg ⁻¹	0,0 - MB	0,0- MB
P _{Mehlich-1}	mg kg ⁻¹	5,9 - MB	8,3 – MB
P _{H₂O}	mg kg ⁻¹	0,7 - MB	12,4 - MB
P _{tot}	mg kg ⁻¹	135,0	105,0

¹⁾ Análises químicas realizadas de acordo com métodos propostos pela EMBRAPA (Teixeira et al., 2017), COT- carbono orgânico total; P_{Mehlich-1}- fósforo extraível por Mehlich-1; P_{H₂O} -fósforo extraível em água; P_{tot} – fósforo total; ⁽²⁾AF (Alcalinidade fraca); MB (teores muito baixos); B (teores baixos); M (teores médios) e A (teores altos).

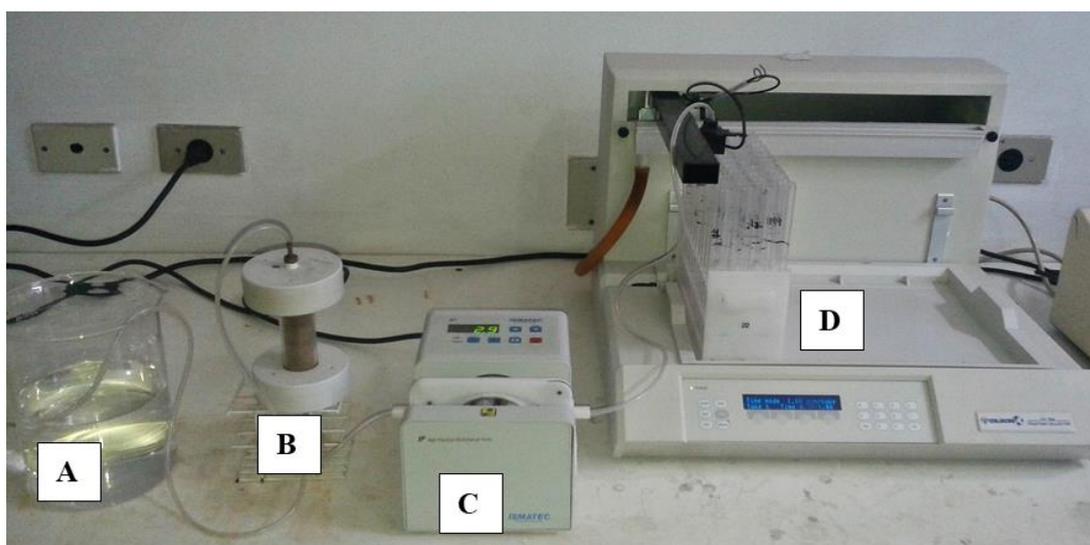


Figura 2. Avaliação da cinética de dessorção de P após o experimento de deslocamento miscível de P em coluna de lixiviação. A - Solução salina de CaCl₂ e KCl 0,001M; B - coluna acrílica preenchida com solo; C - bomba peristáltica IPC Ismatec; e D - coletor de fração.

Tabela 2. Caracterização física de Neossolos Regolíticos eutróficos na camada de 0 - 10 cm, de áreas adubadas anualmente (RA) e não adubadas há 5 anos (RNA) com esterco bovino, localizadas em Remígio, Agreste paraibano.

Atributos	Unidades	RA	RN
Areia muito grossa	g kg ⁻¹	113	106
Areia grossa	g kg ⁻¹	224	198
Areia média	g kg ⁻¹	239	239
Areia fina	g kg ⁻¹	183	214
Areia muito fina	g kg ⁻¹	55	68
Areia total	g kg ⁻¹	814	825
Silte	g kg ⁻¹	159	117
Argila	g kg ⁻¹	27	59
Classe textural	—	Areia Franca	Areia Franca
Relação silte/argila	g kg ⁻¹	5,89	1,98
Densidade do solo	g cm ⁻³	1,39	1,46
Densidade de partículas	g cm ⁻³	2,66	2,63
Porosidade total	%	46,62	34,34

⁽¹⁾ Análises físicas realizadas de acordo com métodos propostos pela EMBRAPA (Teixeira et al., 2017).

A determinação do P dessorvido com fitas-Fe foi realizada no Laboratório de Matéria Orgânica no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Uma vez finalizada a aplicação da lâmina de lixiviação com solução salina, as colunas de solo foram desmontadas e as subamostras foram secas ao ar, as quais foram submetidas a extrações sucessivas de P utilizando fitas-Fe, até que a capacidade de renovação do P em solução pela fase sólida fosse esgotada.

Para tanto, 3 g de solo após o ensaio de deslocamento miscível de cada coluna foram pesadas, agitadas com 30 ml de água deionizada junto com 3 fitas-Fe em tubo de centrífuga de 50 ml durante os períodos de 1, 7, 22, 28, 43, 48, 72, 88 e 105 horas. Após cada tempo as fitas-Fe foram lavadas (0,5 ml de água deionizada para cada face) e trocadas. Em seguida as fitas-Fe lavadas foram transferidas para tubos de centrífuga contendo 50 ml de solução sulfúrica a 0,2 mol L⁻¹ (H₂SO₄), agitadas por 24 horas e determinado o teor de P do extrato (Murphy; Riley, 1962).

Os dados obtidos da dessorção de P com fitas de Fe foram processados pelo programa Sigmaplot 10 (SYSTAT SOFTWARE, 2006), estimando-se o P adsorvido na superfície do solo (Q_{ini}) e a taxa de dessorção (K_d), considerando o primeiro termo da equação igual a zero pela presença de uma superfície de alta afinidade por P e de elevada capacidade de extrair P do solo (Fitas-Fe) (Van der Zee et al., 1987).

O Q_{ini} e o K_d foram calculados com base em cinética de primeira ordem (Van der zee; Gjaltema, 1992), caracterizando o reservatório de P no solo.

$$\partial[P]ads/\partial t = -K_d Q$$

Integrando a equação com as condições:

$$T = 0; [P]ads = Q_{ini}$$

A quantidade dessorvida de P foi dada por:

$$Q = Q_{ini} - [P]_{ads}(t)$$

Que resulta em:

$$Q = Y_0 + Q_{ini} * \{1 - \exp(-K_d t)\}$$

Em que:

Q - fósforo desorvido pelas fitas-Fe [M M⁻¹];

Q_{ini} - P inicialmente adsorvido na superfície dos coloides [M M⁻¹];

Y₀ = pulso de P

K_d - taxa de desorção [T⁻¹];

t - tempo [T].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O P presente nas superfícies dos coloides dos solos adubados e não adubados localizados no Agreste paraibano, apresentaram uma cinética de desorção rápida na fase inicial, tornando-se lenta ao longo do tempo e mantendo-se constante ao final da reação (Figuras 3).

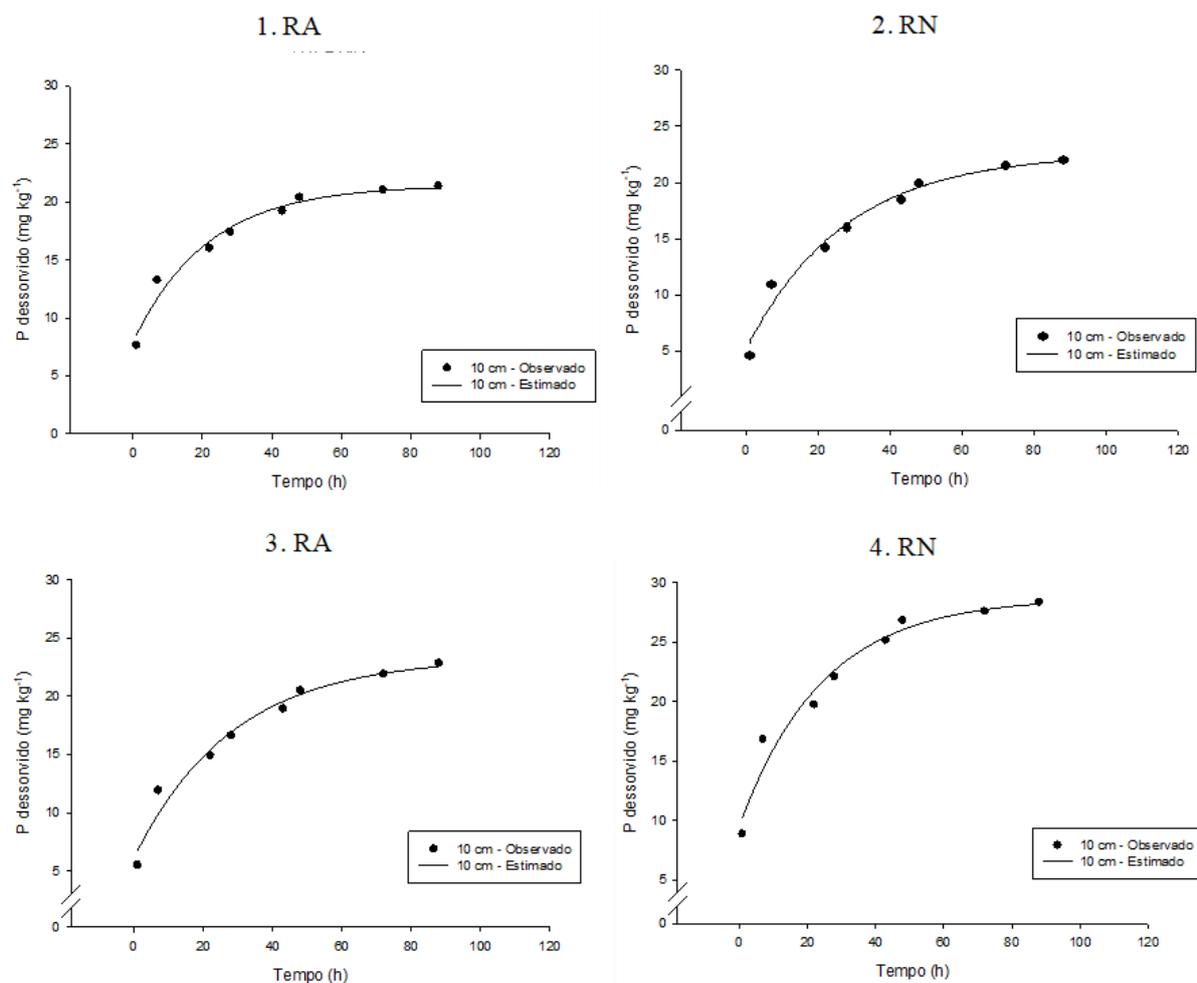


Figura 3. Cinética de desorção de P em Neossolos Regolíticos (0-10 cm) adubados e não adubados com esterco bovino, localizadas em Remígio, Agreste paraibano. Áreas adubadas anualmente (1RA e 3RA) e não adubadas há 5 anos (2RN e 4RN).

Em geral, a partir da sétima extração de P com as fitas-Fe, os valores de P se estabilizaram. Um comportamento semelhante foi observado por Melo (2015), o autor credita ao fato de a primeira extração com fitas-Fe retirar o fósforo adsorvido com menor energia e à medida que esse se esgota, as quantidades removidas pela fita-Fe tornam-se pequenas porque a energia de ligação do fosfato com os colóides aumenta.

Observa-se que o comportamento da extração de P foi semelhante para todas as áreas avaliadas. Este comportamento pode ser explicado pelo legado de P existente nas áreas RN, mesmo sem terem recebido nenhum tipo de adubação nos cinco anos anteriores. Tal fato é confirmado pelos teores bastante próximos de P total nas áreas (Tabela 1).

Nas áreas adubadas e não adubadas os teores de Q_{ini} variaram de 17,27 a 17,28 mg kg⁻¹ (Quadro 1). Em todas as amostras, a taxa de dessorção foi inferior ao Q_{ini} , cuja ordem de grandeza do fósforo extraído pelas fitas-Fe reforçam a maior lixiviação do P. Os dados desse estudo são semelhantes ao encontrado por Azevedo et al. (2018) que obtiveram valores de K_d nas camadas de 0-10 e 10-20 cm variando de 0,10 - 0,06 h⁻¹, demonstrando uma relação inversa do P dessorvido com o adsorvido.

O uso das fitas-Fe indicou valores altos de P adsorvido (Q_{ini}) em todas as áreas adubadas anualmente e não adubadas nos últimos cinco anos (Quadro 1).

Quadro 1. Valores de P inicial adsorvido (Q_{ini}), taxa de dessorção (K_d) e o coeficiente de determinação (R^2).

Amostras	Q_{ini}	K_d	R^2
1 RA	17,27 ± 5,73	0,051 ± 0,002	0,96
2 RN	17,47 ± 1,15	0,037 ± 0,002	0,97
3 RA	17,31 ± 1,68	0,037 ± 0,009	0,96
4 RN	19,28 ± 1,09	0,041 ± 0,003	0,95

*Áreas adubadas anualmente (1RA e 3RA) e não adubadas há 5 anos (2RN e 4RN).

A partir dos valores baixos de Q_{ini} e K_d das áreas adubadas e não adubadas pode-se inferir que os elevados teores de P são consequência da aplicação de altas doses de P via esterco bovino nessas áreas ao longo dos anos.

O uso das fitas-Fe mostrou valores representativos de P adsorvido (Q_{ini}) em todas as áreas adubadas e não adubadas. Os valores de K_d com o uso das fitas-Fe variaram de 0,037 a 0,051 h⁻¹, tais valores indicam que as extrações com as fitas-Fe retiraram totalmente o P adsorvido com menor energia, o que não seria possível com métodos tradicionais de extração de P disponível. À medida que esse

processo avançou, as quantidades removidas pelas fitas-Fe tornaram-se menores, devido ao aumento da energia de ligação do fosfato com os coloides, levando mais tempo para a retirada do P adsorvido.

Esse método de P fitas-Fe possibilita revelar a causa da deficiência deste nutriente e prever a resposta das culturas à adubação fosfatada, além de ser utilizado nos estudos sobre o comportamento do P nos solos (Lacerda et al., 2013). Assim verificamos que a utilização de tiras de papel impregnadas com Fe e Al é um método adequado para medir a dessorção de P.

As taxas de dessorção apresentaram o mesmo comportamento, indicando perda na reserva deste nutriente. A perda de P nessas áreas ocorreram em consequência das doses de esterco aplicado e da própria mineralogia do solo, pois em condições moderadamente alcalinas ($\text{pH} > 7$), os minerais com baixo PCZ, como a caulinita, mineral predominante na fração argila do solo (Figuras 5 e 6), encontram-se carregados negativamente, propiciando a lixiviação do P.

Dessa maneira, a capacidade de extração dos métodos de avaliação da disponibilidade de P, está vinculada a essa energia de adsorção. A extração de P com as fitas-Fe é altamente eficiente, pois, permite quantificar e simular o tempo que a planta levaria para que todo P que estava adsorvido nos coloides do solo encontrar-se disponível na solução do solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de Fitas-Fe para a avaliação de dessorção de P é eficiente e apresenta vantagens em relação a métodos de métodos tradicionais de extração de P disponível.

A dessorção de P com o uso de fitas-Fe é rápida na fase inicial, tornando-se lenta ao longo do tempo e mantendo-se constante ao final da reação.

A estabilização da cinética química ocorre na sétima extração do P adsorvido com fitas-Fe no tempo de 72 h.

Os valores P adsorvido (Q_{ini}) são altos em todas as áreas avaliadas devido ao legado de P existente em virtude do histórico de adubação das áreas.

Os valores de K_d indicam que as extrações com as fitas-Fe retiraram totalmente o P adsorvido. À medida que esse processo avançou, as quantidades removidas pelas fitas-Fe tornaram-se menores, devido ao aumento da energia de ligação do fosfato com os coloides, levando mais tempo para a retirada do P adsorvido.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Paraíba - UFPB, através do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de cursar e concluir o Doutorado em Ciência do Solo. Ao Prof.º Dr. Ignacio Hernán Salcedo (*in memoriam*) pela orientação, pelos ensinamentos científicos repassados, amizade, carinho, respeito e auxílio à pesquisa durante um ano e 10 meses de doutoramento. Ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA) pelo auxílio em algumas análises de determinações químicas e físicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdala, D. B., Silva, I. R., Vergutz, L., & Sparks, D. L. (2015). Long-term manure application effects on phosphorus speciation, kinetics and distribution in highly weathered agricultural soils. *Chemosphere*, 119: 504–514.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, F. L. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711–728.
- Azevedo, R. P., Salcedo, I. H., Lima, P. A., Fraga, V. S., & Lana, R. M. Q. (2018). Mobility of phosphorus from organic and inorganic source materials in a sandy soil. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 7(2): 1 - 11.
- Bergström, L., Kichmann, H., Djodjic, F., Kyllmar, K., Ulén, B., Liu, J., Anderson, H., Aronsson, H., Börjesson, G., Kynkäänniemi, P., Svanbäck, A., & Villa, A. (2015). Turnover and Losses of Phosphorus in Swedish Agricultural Soils: Long-Term Changes, Leaching Trends, and Mitigation Measures. *Journal of Environmental Quality*, 44: 512 – 523.
- Boitt, G., Black, A., Wakelin, S. A., Mcdowell, R. W., & Condon, L. M. (2018). Impacts of long-term plant biomass management on soil phosphorus under temperate grassland. *Plant Soil*, 427: 163–174.
- Cavalcanti, F. J. de A. (2008). *Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: (2a ed). Revista. Recife: IPA.*
- Galvão, S. R. S., & Salcedo, I. H. (2009). Soil phosphorus fractions in sandy soils amended with cattle manure for long periods. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33: 613-622.
- Galvão, S. R. S., Salcedo, I. H., & Oliveira, F. F. (2008) Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(1): 99-105.
- Guardini, R., comin, J.J, Schmitt, D. E, Tiecher, T, Bender, M. A, Santos, D. R. dos, Mezzari, C. P, Oliveira, B. S, Gatiboni, L. C, & Brunetto, G. (2012) Accumulation of phosphorus fractions in typic Hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep pig litter in a no-tillage system. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, 93: 215-225.
- Hadgu, F., Gebrekidan, H., Kibret, K., & Yitafaru, B. (2014). Study of phosphorus adsorption and its relationship with soil properties, analyzed with Langmuir and Freundlich models. *Agriculture, forestry and fisheries*, 3: 40-51.
- Lacerda, J. J. J., Furtini Neto, A. E., Resende, A. V., Santos, J. Z. L., Carneiro, L. F., & Oliveira, C. H. C. (2013). Crop growth response and dynamics of inorganic phosphorus fractions after application reactive Arad phosphate rock in Oxisol with different land use histories. *African Journal of Agricultural Research*, 26: 3454-3461.
- Melo, L. N. D. (2015). *Deslocamento Vertical de fósforo em solo arenoso com adubações contínuas de esterco, sob condições controladas. Trabalho de Graduação de Curso (Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba. Areia.*

- Meurer, E. J. (2010). Fundamentos de química do solo (4a ed). Editora Evangraf.
- Murphy, J., & Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. *Analytica Chimica Acta*, 27: 31-36.
- Novais, R. F., & Smyth, T. J. (1999). Fósforo em solo e planta em condições tropicais, 399.
- 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.
- Resende, M., Curi, N., Ker, J. C., & Rezende, S. B. (2011). Mineralogia de Solos Brasileiros: Interpretações e Aplicações. (2a ed). Editora revista ampla.
- Santos, H. G. dos, Jacomine, P. K. T, Anjos, L. H. C. dos, Oliveira, V. A. de, Lumbreras, J. F, Coelho, M. R, Almeida, J. A. de, Araujo filho, J. C. de, Oliveira, J. B. de, & Cunha, T. J. F (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solo, (5a ed). Editora Embrapa.
- Systat Software, Inc. (2006). SigmaPlot 10 user's manual.
- Tamungang, N. E. B., David, M. A., Alakeh, M. N., & Adalbert, O. A. (2016). Phosphorus adsorption isotherms in relation to soil characteristics of some selected volcanic affected soils of Foubolt in the West Region of Cameroon. *International Journal of Soil Science*, 11: 19-28.
- Teixeira, P. C., Donagemma, G. K.; Fontana, A., & Teixeira, W. G. (2017). Embrapa - Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Manual de Métodos de Análise de Solo. (3a ed). Editora Embrapa Solos.
- Tokura, A. M., Furtini Neto, A. E., Carneiro, L. F., Curi, N., Santos, J. Z. L., & Alovisi, A. A. (2014). Dinâmica das formas de fósforo em solos de textura e mineralogia contrastantes cultivados com arroz. *Acta Scientiarum Agronomy*, 33(1): 171-179.
- Van der Zee, S. E. A. T. M., Fokkink, L. G. J., & Van Riemsdijk, W. H. (1987). A new technique for assessment of reversibly adsorbed phosphate. *Soil Science Society America Journal*, 51: 599–604.
- Van der Zee, S., & Gjaltema, A. (1992). Simulation of phosphate transport in soil columns. I. Model development. *Geoderma*, 52: 87-109.

Índice Remissivo

A

adubação, 36, 38, 40, 43
agroecologia, 69

C

cinética de dessorção, 6, 11

E

Economia, 21, 22

F

fertilizantes, 36

G

grãos, 38, 39, 40, 41, 42, 43

M

matéria orgânica, 81, 87
melhoramento genético, 46

P

produção, 36, 39, 42, 43

T

tabuleiro, 69

Sobre os organizadores



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós - Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 165 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 127 resumos simples/expandidos, 66 organizações de e-books, 45 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e revisor de 18 revistas nacionais e internacionais. Professor adjunto na UEMA em Balsas. Contato: alan_zuffo@hotmail.com.



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Atualmente, possui 74 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 50 organizações de e-books, 37 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora e da Revista Agrária Acadêmica, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: j51173@yahoo.com, jorge.aguilera@ufms.br.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

