

## ISOTERMAS DE ADSORÇÃO DE LANGMUIR PARA FÓSFORO EM SOLOS DE ALAGOAS

Josivalter Araújo de Farias<sup>1</sup>; Pedro Henrique de Melo Cavalcanti<sup>2</sup>; José Cícero Rodrigues da Silva<sup>3</sup>; Ascânio da Cunha Moreno<sup>4</sup>; Livia Vitória Euclides dos Santos<sup>4</sup>; Adriano Barboza Moura<sup>5</sup>; Gilson Moura Filho<sup>6</sup>; Leila Cruz da Silva Calheiros<sup>6</sup>

*Autor para correspondência: josivalter.pb@gmail.com*

<sup>1</sup> Pós-Graduando Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal), CECA/UFAL, Rio Largo, Alagoas; <sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo; <sup>3</sup> Graduando em Agroecologia CECA/UFAL; <sup>4</sup> Graduando em Agronomia CECA/UFAL <sup>5</sup> Doutor em produção vegetal CECA/UFAL; <sup>6</sup> Professores da Universidade Federal de Alagoas CECA/UFAL, Rio Largo, Alagoas.

**RESUMO:** A baixa disponibilidade de fósforo no solo, mostra quanto é importante o estudo do comportamento desse elemento e o melhor aproveitamento dos adubos fosfatados. Em Alagoas a recomendação desse tipo de adubação tem sido feita sem levar em consideração as características de adsorção dos diferentes tipos de solos. O objetivo desse trabalho é conhecer os valores da Capacidade Máxima de Adsorção de Fósforo (CMAP) pelos modelos da isotermas de Langmuir. Nesse sentido foram coletadas 11 amostras de solos representativas do Estado de Alagoas, das regiões do Sertão, Agreste e Zona da Mata alagoana, na camada de 0-20 cm, para determinação dos atributos físicos (areia, silte e argila), e atributos químicos especificamente os valores de Capacidade Máxima de Adsorção de P, definida pela isoterma de Langmuir. O melhor resultado encontrado e descrito pelos modelos estudados foi com o modelo 2 da isoterma Langmuir, como observamos na literatura várias referências do modelo de Langmuir obtendo resultados satisfatórios sobre outras isotermas.

**PALAVRAS CHAVE:** Equações; P-Rem; Adubação.

## LANGMUIR ADSORPTION ISOTHERMS FOR PHOSPHORU IN ALAGOAS SOILS

**ABSTRACT:** The low availability of phosphorus in the soil shows how important it is to study the behavior of this element and the best use of phosphate fertilizers. In Alagoas, the recommendation of this type of fertilization has been made without taking into account the adsorption characteristics of the different types of soils. The objective of this work is to know the values of the Maximum Phosphorus Adsorption Capacity (MACAP) by the Langmuir isothermal models. In this sense, 11 representative soil samples were collected from the State of Alagoas, from the regions of Sertão, Agreste and Zona da Mata Alagoana, in the 0-20 cm layer, to determine the physical attributes (sand, silt and clay), and chemical attributes specifically the values of Maximum P Adsorption Capacity, defined by the Langmuir isotherm. The best result found and described by the models studied was with model 2 of the Langmuir isotherm, as we observed in the literature several references of the Langmuir model obtaining satisfactory results over other isotherms.

**KEYWORDS:** Equations; P-Rem; Fertilization.

## INTRODUÇÃO

Os solos brasileiros apresentam por natureza baixos teores de P, devido ao material de origem dos solos, grau de intemperismo e sua interação com o solo, portanto, para se ter um bom desenvolvimento das plantas e alcançar alta produtividade é de suma importância à adubação fosfatada (Carneiro et al., 2011).

Nem todo o P aplicado ao solo fica disponível para as plantas, isso por que parte do nutriente pode ser fixado ao solo, processo conhecido como adsorção de P. Esse fenômeno pode ser influenciado por parâmetros físicos e químicos (Corrêa et al., 2011).

A textura do solo, por exemplo, interfere significativamente na disponibilidade de P no solo. Machado et al. (2011) observaram que disponibilidade de P diminui ao longo do tempo, sendo mais evidenciado no solo de textura média, seguido pelo de textura argilosa, e por último, pelo solo de textura arenoso.

Existem diversos métodos para quantificar a adsorção, entre os quais se destacam as isotermas de adsorção. Dentre as isotermas conhecidas, destaca-se o modelo de Langmuir, estas são equações matemáticas empregadas para descrever quantitativamente a adsorção de solutos por sólidos em uma temperatura constante (Oliveira et al., 2014).

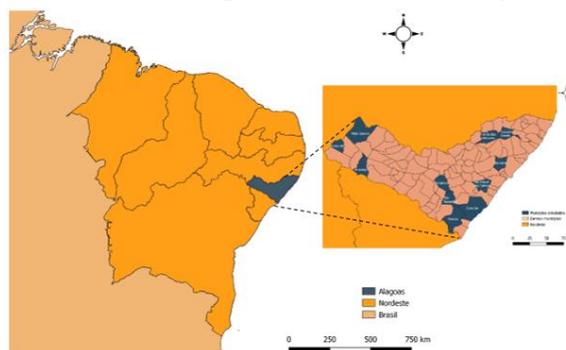
A técnica usada para gerar os dados de adsorção é, a princípio, bastante simples, pois uma quantidade conhecida do soluto é adicionada ao sistema contendo uma quantidade conhecida de adsorvente. Admite-se que a diferença entre a quantidade adicionada e a remanescente na solução encontra-se adsorvida na superfície adsorvente (Corrêa et al., 2011; Oliveira et al. 2014).

Diante destes aspectos, conduziu-se o presente trabalho com objetivo de determinar o P remanescente dos solos, aplicar os valores a isoterma de Langmuir para quantificar a adsorção de fósforo. O objetivo foi de determinar o P adsorvido e remanescente dos diferentes tipos de solos da amostragem, aplicando os valores em isoterma de Langmuir para quantificar a capacidade máxima de adsorção de P (CMAP) em onze amostras de solos em Alagoas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas onze amostras de solo compostas com o auxílio de um trado holandês de inox, na profundidade de 0 a 20 cm em locais de mata nativa, nos municípios alagoanos de Pariconha, Mata Grande, Penedo, Piranhas, Coruripe, Arapiraca, São Miguel dos Campos, São Sebastião, União dos Palmares, Rio Largo e Joaquim Gomes (Figura 1).

**Figura 1.** Mapa do Estado de Alagoas e demais municípios onde foram coletadas.



Fonte: Autores.

As determinações das análises de fertilidade seguiram os procedimentos de rotina adotados no laboratório de Solos, Água e Planta (LABSAP) do CECA/UFAL. O P-rem foi determinado na solução de equilíbrio obtida após agitação de uma amostra de solo de 2,5 cm<sup>3</sup> com 25 mL de solução de CaCl<sub>2</sub> 0,01M, contendo 60mg L<sup>-1</sup> de P. Os valores de P-VIII Semana da Agronomia. 11 a 14 de novembro de 2024. Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo – AL

rem serviram de base para determinações das doses utilizadas na análise da CMAP (Alvarez et.al., 2000).

O P adsorvido foi calculado pela diferença entre as quantidades de P adicionadas e as quantidades encontradas na solução de equilíbrio (sobrenadante), após o período de agitação. Os valores da CMAP e da energia de adsorção de fosfato foram avaliados e ajustados a isoterma de adsorção, estimada pela equação de Langmuir linearizada e de Langmuir não linearizada.

**Tabela 1.** Equações matemáticas dos modelos da isoterma de Langmuir de adsorção nas formas linearizadas e não-linearizadas.

Modelo	Equação	Forma Linear
Langmuir-1		$\frac{1}{q_e} = \left[ \frac{1}{q_m K_L} \right] \frac{1}{C_e} + \frac{1}{q_m}$
Langmuir-2		$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m K_L} + \frac{C_e}{q_m}$
Langmuir-3	$q_e = \frac{q_m K_L C_e}{1 + K_L C_e}$	$q_e = q_m - \left[ \frac{1}{K_L} \right] \frac{q_e}{C_e}$
Langmuir-4		$\frac{q_e}{C_e} = K_L q_m - ]k_L q_e$
Langmuir-5		$\frac{1}{C_e} = K_L q_m \frac{1}{q_e} - K_L$

A quantidade de fosfato em equilíbrio ( $q_e$ , mg g<sup>-1</sup>) foi calculada pela equação:

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)V}{m}$$

Onde,  $C_o$  e  $C_e$  (mg L<sup>-1</sup>) correspondem a de equilíbrio, respectivamente. O  $V$  (L) é o volume da solução e  $m$  (g) é a massa do adsorvente. Para o modelo de Langmuir, as constantes obtidas são:  $q_m$  (mg g<sup>-1</sup> de P) relacionadas com a capacidade máxima de adsorção de fosfato e  $K_L$  (L mg<sup>-1</sup>) com a energia de adsorção.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os processos de adsorção, normalmente é preferível escolher equações que tenham a característica de ser facilmente linearizáveis e conseqüentemente avaliar os parâmetros graficamente, e para isso o modelo habitualmente empregado é o de Langmuir. Os valores obtidos em laboratório de P adsorvido aos solos e as curvas alcançadas a partir dos valores estimados pelos modelos de Langmuir, são apresentados nos gráficos abaixo.

O menor valor de CMAP encontrado no modelo 2, foi 0,1357 mg g<sup>-1</sup>, no Neossolo Quartzarênico (Figura 2), foi verificado um teor de argila igual a 60 g.kg<sup>-1</sup> (Tabela 2) e com material originário de sedimentos de areia, demonstrando a influência da textura argilosa na dinâmica de adsorção do fósforo. A fração argila é a porção mais ativa para determinar o parâmetro CMAP devido à sua alta área superficial específica nos coloides do solo (Valladares et al., 2003).

A partir dos dados obtidos para capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), dentre os cinco modelos de Langmuir estudados, o modelo 2 foi o que obteve

melhor ajuste com o Argissolo Vermelho-Amarelo (PVAd)  $0,6238 \text{ mg g}^{-1}$  (Figura 3), Latossolo Amarelo Distrófico (LAd<sub>1</sub>)  $1,2787 \text{ mg g}^{-1}$  (Figura 4) e Argissolo Amarelo (LAVd<sub>2</sub>)  $0,8528 \text{ mg g}^{-1}$  (Figura 5) apresentando maiores valores de CMAP (Figura 2) e consequentemente teor de argila mais elevado, quando comparados aos demais.

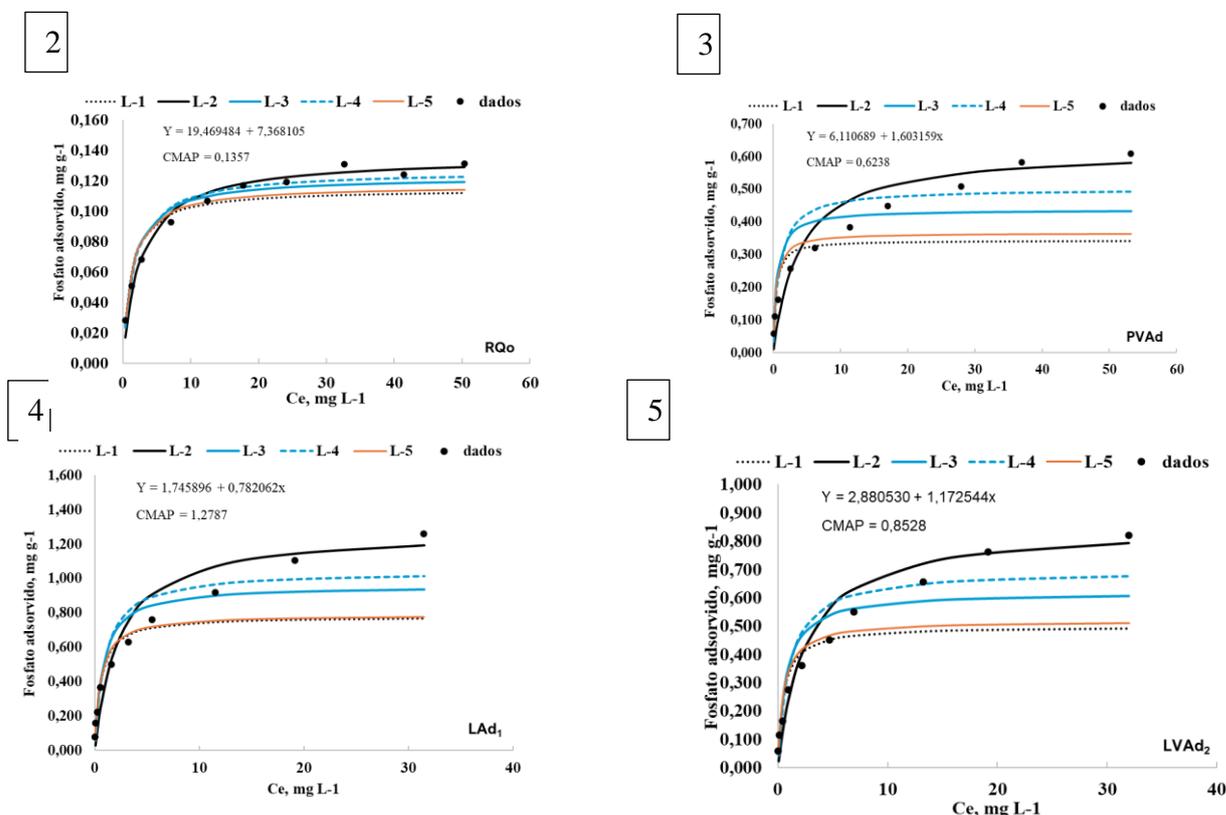


Figura 2, 3, 4 e 5- CMAP estimada pelo modelo de regressão linear múltipla, respectivamente, do Neossolo Quartzarênico, Argissolo vermelho-amarelo, Latossolo amarelo Distrocoeso e Latossolo amarelo. Mostrando CMAP superior em solos com teores de argila mais altos, ao contrário do Neossolo Quartzarênico (RQo)  $0,1357 \text{ mg g}^{-1}$ , onde foi verificado o menor valor de CMAP entre os modelos estudados, mostrando que solos com menores teores de argila apresentam baixa CMAP.

Resultados obtidos por outros autores tiveram valores semelhantes, como no caso de RANNO et al. 2007, onde indicaram correlação entre o teor de argila e a CMAP demonstrando a dependência do processo de adsorção de P e da dinâmica na presença de colóides no solo.

O modelo 2 da isoterma de Langmuir obteve melhores resultados na capacidade máxima de adsorção de fósforo, com destaque para Latossolo Amarelo Distrófico (LA) que dentre todos modelos e solos estudados teve maior valor de CMAP  $1,2787 \text{ mg g}^{-1}$ . Desta forma, o tipo de argila e o P-remanescente é um parâmetro muito importante para estimar a CMAP, porém, havendo bastante variação a partir do tipo de argila no solo.

Os valores de P-rem apresentaram uma ampla diferença entre si de acordo com o seu teor de argila. Sendo ordenados em ordem decrescente (Tabela 2), e os valores de teor de argila de forma crescentes, os resultados de P-rem foram mais elevados quando a argila

estava em menor concentração, enquanto, que com o maior teor de argila, menores foram os valores de P-rem encontrados.

**Tabela 2.** Fósforo remanescente (P-rem) das amostras de solo estudadas.

Solo (Classe)	Teor de Argila g/Kg <sup>-1</sup>	P-remanescente mg. L <sup>-1</sup>
1 (RRed)	50	56,1
2 (RQo)	60	55,6
3 (PAd <sub>1</sub> )	120	54,5
4 (SXe)	130	43,5
5 (PAd <sub>2</sub> )	160	49,8
6 (LVe)	240	48,3
7 (PAd <sub>3</sub> )	260	39,2
8 (LVAd <sub>1</sub> )	300	51,6
9 (PVAd)	340	36,4
10 (LAd <sub>1</sub> )	380	21,7
11 (LVAd <sub>2</sub> )	460	23,2

Os valores de P-rem apresentados (tabela 2) entre 21,7 mg. L<sup>-1</sup> (Latosolo amarelo distrófico) e 56,18 mg. L<sup>-1</sup> (Neossolo Regolítico) indicando que os solos estudados ofereceram uma capacidade de fixação de fósforo muito diferente, entretanto, observou-se uma correlação com CMAP. O Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAd<sub>1</sub>), que mesmo com teor de argila alto conseguiu um valor de P-rem relativamente elevado (51,6 mg. L<sup>-1</sup>), quando comparado com os demais. Isso pode se dá por diversos fatores, um deles é a diversidade de características da matéria de origem que pode estar interferindo.

Resultados semelhantes foram observados no presente trabalho para a variável P-rem foram obtidos por Valladares et al. (2003), que avaliaram possíveis correlações entre atributos físicos e químicos do solo e a CMAP em solos com argila de atividade baixa de diferentes regiões do Brasil, utilizando amostras de horizontes superficiais e subsuperficiais de 16 perfis de solos.

## CONCLUSÃO

O melhor modelo entre todos avaliados foi o modelo 2 de Langmuir, obtendo valores significativos e se compararmos a outros trabalhos na mesma linha de pesquisa, foi o que mais se assemelhou.

Os solos de textura mais argilosa apresentaram maior capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), com destaque para o Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Amarelo Distrófico e o Argissolo Amarelo. Os solos com textura arenosa foi o que apresentou maiores valores de P-Rem, indicando a capacidade sortiva diferencial de P dos solos em função da textura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvares V., V.H.; Novais, R.F.; Dias, L.E.; Oliveira, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira da Ciência do Solo*, **2000**, 25, 27-32.

Carneiro, L.F.; Resende, A.V.; Neto, A.E.F.; Santos, J.Z.L.; Curi, N.; Reis, T.H.P.; Valle, L.A.R. Frações de fósforo no solo em resposta à adubação fosfatada em um latossolo com diferentes históricos de uso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **2011**, 35, 483-491.

VIII Semana da Agronomia. 11 a 14 de novembro de 2024. Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo – AL

Corrêa, R.M.; Nascimento, C.W.A.; Rocha, A.T. Adsorção de fósforo em dez solos do Estado de Pernambuco e suas relações com parâmetros físicos e químicos. *Acta Scientiarum Agronomy*, **2011**, 33, 153-159.

Machado, V.J.; Souza, C.H.E.; Andrade, B.B.; Lana, R.M.Q.; Korndorfer, G.H. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. *Journal Bioscience*, **2011**, 27, 1, 70-76.

Oliveira, C.M.B.; Gatiboni, L.C.; Miquelluti, D.J.; Smyth, T.J.; Almeida, J.A. Capacidade máxima de adsorção de fósforo e constante de energia de ligação em latossolo bruno em razão de diferentes ajustes do modelo de Langmuir. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, **2014**, 38, 1805-1815.

Ranno, S.K.; Silva, L.S.; Gatiboni, L.C.; Rhoden, A.C. Capacidade de adsorção de fósforo em solos de várzea do estado do rio grande do sul. Universidade federal de Santa Maria/UFSM. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, **2007**, 31, 21-28.

Valladares, G.S. et al. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. *Bragantia*, **2003**, 62, 111-118.