

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

ADALTO ALEXANDRE DOS SANTOS

**DETERMINAÇÃO DE NÍVEIS CRÍTICOS DE FÓSFORO NO SOLO, COM BASE
NOS TEORES DE ARGILA E P-REMANESCENTE EM SOLOS DO ESTADO DE
ALAGOAS**

Rio Largo (AL)

2022

ADALTO ALEXANDRE DOS SANTOS

**DETERMINAÇÃO DE NÍVEIS CRÍTICOS DE FÓSFORO NO SOLO, COM BASE
NOS TEORES DE ARGILA E P-REMANESCENTE EM SOLOS DO ESTADO DE
ALAGOAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao corpo docente do curso de Agronomia da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Campus de Engenharia e Ciências Agrárias – CECA, como requisito para obtenção do grau em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Moura Filho.

Rio Largo (AL)

2022

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

S237d Santos, Adalto Alexandre dos.

Determinação de níveis críticos de fósforo no solo, com base nos teores de argila e P-remanescente em solos do Estado de Alagoas. / Adalto Alexandre dos Santos. – 2022.

36f.: il.

Orientador(a): Gilson Moura Filho.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Graduação em Agronomia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2022.

Inclui bibliografia

1. Fixação de P, 2. análise de solo, 3. atributos, 4. fosforo remanescente. I.
Título.

CDU: 981.35: 631.4



**DETERMINAÇÃO DE NÍVEIS CRÍTICOS DE FÓSFORO NO SOLO, COM BASE
NOS TEORES DE ARGILA E P-REMANESCENTE EM SOLOS DO ESTADO DE
ALAGOAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao corpo docente do curso de Agronomia da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Campus de Engenharia e Ciências Agrárias – CECA, como requisito para obtenção do grau em Agronomia.

Banca Examinadora:

Gilson Moura Filho

Prof. Dr. Gilson Moura Filho
Laboratório de solo água e planta (LABSAP) CECA-UFAL
Orientador

Leila Cruz da Silva Calheiros

Prof.^a Dr.^a Leila Cruz da Silva Calheiros
Laboratório de solo água e planta (LABSAP) CECA-UFAL
Examinador

Adriano Barboza Moura

Eng. agrônomo Adriano Barboza Moura
Laboratório de solo água e planta (LABSAP) CECA-UFAL
Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sempre estar comigo e guiar meus caminhos até a realização deste grande sonho da minha vida.

Aos meus pais pelos ensinamentos, conselhos e apoio incondicional, para que eu possa estar estudando, não existe palavras para descrever a gratidão e o amor que sinto nesse momento.

Agradeço, as minhas irmãs Andressa Nayara e Andreia dos Santos, também a minha namorada Isabele Antunes por todo apoio, amor e carinho.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Gilson Moura Filho e Prof. Dra. Leila Cruz da Silva Calheiros, por todos os ensinamentos, carinho e paciência de sempre.

Aos convidados desta banca por contribuírem com esta pesquisa.

Agradeço, a todos os amigos e colegas que fiz durante esta longa jornada.

A todos que fazem o Campus de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA-UFAL), por toda a estrutura proporcionada, além da ótima qualidade de ensino.

Agradeço também a todos do Laboratório de Solo, Água e Planta (LABSAP), em especial a Flávia Adaís Rocha dos Santos e Julia de Omena obrigado pela parceria de sempre.

RESUMO

O fósforo (P) é um macronutriente primário fundamental para o desenvolvimento das plantas, pois participa de vários processos celulares, tais como; fotossíntese, respiração celular, transferência e armazenamento de energia e crescimento celular. Os solos brasileiros apresentam por natureza baixos teores de P, devido ao material de origem dos solos, o grau de intemperismo e a interação do fosforo com o solo. Nem todo o fosforo que é aplicado ao solo é absorvido pelas plantas, parte do nutriente pode ser fixado ao solo, fenômeno conhecido como adsorção de P. A adsorção pode ser influenciada por alguns parâmetros físicos e químicos do solo, como (pH, M.O, teor de argila, fósforo remanescente (P-rem), H+Al, CTC, Ca, Mg, teores de ferro e alumínio etc.). Nesse sentido o objetivo geral deste trabalho é avaliar a correlação dos atributos químicos e físicos de 11 solos coletados em diferentes regiões do estado de alagoas, com a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), assim como analisar a correlação do P-rem pelo método padrão e de rotina e definir níveis críticos para adubação com P, com base nos teores de argila e P-rem. Para isso foram feitas as análises de fertilidade e física dos solos seguindo os procedimentos adotados no laboratório de solo, água e plantas (LABSAP), as amostras de Fe e Al, foram determinadas por espectrometria de absorção atômica, já o fósforo remanescente no método padrão foi utilizado 2,5 cm³ com 25 mL de solução de CaCl₂ 0,01 M, contendo 60 mg L⁻¹ de P, agitado por 1h, em seguida foi para centrifuga por 5min a 3000 rpm, a determinação foi feita colorimetricamente a 725 nm. Enquanto que o método de rotina foi utilizado 5 cm³ de solo, 50 mL da solução de CaCl₂ contendo também 60 mg L⁻¹ de P, agitação por 5 minutos, repouso por 16h, em seguida o P foi determinado colorimetricamente a 725nm. A determinação da Capacidade Máxima de Adsorção de P (CMAP) foi feita com as doses crescente de P, de acordo com os valores de P remanescente, determinado pelo Método Padrão, definida pela isoterma de Langmuir região 2 linearizada. Os resultados possuem grande variação no geral, como já era esperado, dentre os atributos correlacionados com a CMAP, MO, Fe_p, Al_p, Argila, P rem (P), P rem (R), H+Al, CTC e areia total apresentaram correlação significativa, portanto esses atributos participam da adsorção de P dos solos do estado de alagoas.

Palavras chave: fixação de P, análise de solo, atributos, fosforo remanescente.

ABSTRACT

Phosphorus (P) is a primary macronutrient essential for plant development, as it participates in several cellular processes, such as; photosynthesis, cellular respiration, energy transfer and storage, and cell growth. Brazilian soils are naturally low in P, due to the source material of the soils, the degree of weathering and the interaction of phosphorus with the soil. Not all the phosphorus that is applied to the soil is absorbed by the plants, part of the nutrient can be fixed to the soil, a phenomenon known as P adsorption. clay content, remaining phosphorus (P-rem), H+Al, CTC, Ca, Mg, iron and aluminum contents, etc.). In this sense, the general objective of this work is to evaluate the correlation of the chemical and physical attributes of 11 soils collected in different regions of the state of Alagoas, with the maximum phosphorus adsorption capacity (CMAP), as well as to analyze the correlation of P-rem by standard and routine method and define critical levels for P fertilization, based on clay and P-rem contents. Soil fertility and physical analyzes were performed following the procedures adopted in the soil, water and plants laboratory (LABSAP), the Fe and Al samples were determined by atomic absorption spectrometry, whereas the remaining phosphorus in the standard method was used 2.5 cm³ with 25 mL of 0.01 M CaCl₂ solution, containing 60 mg L⁻¹ of P, stirred for 1 h, then centrifuged for 5 min at 3000 rpm, determination was performed colorimetrically at 725 nm. While the routine method was used 5 cm³ of soil, 50 mL of CaCl₂ solution also containing 60 mg L⁻¹ of P, stirring for 5 minutes, resting for 16h, then the P was determined colorimetrically at 725nm. The determination of the Maximum P Adsorption Capacity (CMAP) was performed with increasing doses of P, according to the remaining P values, determined by the Standard Method, defined by the Langmuir isotherm in linearized region 2. The results have great variation in general, as expected, among the attributes correlated with CMAP, MO, Fep, Alp, Clay, P rem (P), P rem (R), H+Al, CTC and total sand showed significant correlation, therefore, these attributes participate in the adsorption of P from soils in the state of Alagoas.

Keywords: P fixation, soil analysis, attributes, remaining phosphorus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa das mesorregiões do estado de Alagoas, com as cidades nas quais foram coletados os solos.....	18
Figuras 2 e 3 - Procedimentos das análises físicas dos solos.....	18
Figuras 4 e 5 - Procedimento das análises químicas dos solos.....	19
Figuras 6 e 7 - Procedimento das análises de Fe e Al ligados a fração argila.....	20
Figuras 8 e 9 - Procedimento das análises de Fe e Al ligados a M.O do solo.....	21
Figuras 10 e 11 - Procedimento das análises de P-rem (P).....	21
Figuras 12 e 13 - Procedimento das análises de P-rem (r).....	22
Figuras 14 e 15 - Procedimento das análises da Capacidade Máxima de Adsorção de Fosforo (CMAP).....	23

LISTA DE GRÁFICOS

Gráficos 1 e 2 - Correlação entre CMAP e AI.....	27
Gráficos 3 e 4 - Correlação entre a CMAP e P-rem.....	30
Gráficos 5 e 6 - Correlação entre CMAP e P rem (P).....	30
Gráfico 7 - Correlação entre P rem (P) e P rem (R).....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos solos do estado de Alagoas.....	17
Tabela 2: Resultados das análises de fertilidade, física e teores de ferro e alumínio dos solos do estado de Alagoas.....	24
Tabela 3 - Fósforo Remanescente (P-Rem) método padrão e método de rotina das amostras de solo estudadas.....	25
Tabela 4 - Resultados da análise estatística, obtidos por correlação, regressão e teste t, em que CMAP é a variável correlacionada com os demais atributos do solo.....	26
Tabela 5 - Classificação dos solos do estado de Alagoas quanto ao teor de argila..	29
Tabela 6 - Resultados da análise estatística, obtidos por correlação, regressão e teste t, correlacionando os métodos P-rem padrão e P-rem rotina.....	31
Tabela 7 - Classificação dos solos de alagoas com base nos valores de P-rem (P).....	32
Tabela 8 - Classificação dos solos de alagoas com base nos valores de P-rem (R).....	32
Tabela 9 - Classificação dos solos de alagoas com base nos valores da CMAP.....	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	Solo.....	12
2.2	Fósforo.....	13
2.3	Adsorção de P	14
3	OBJETIVOS	16
3.1	Geral.....	16
3.2	Objetivos específicos	16
4	MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1	Coleta e preparo das amostras.....	17
4.2	Análises físicas	18
4.3	Análises químicas	19
4.4	Análises de ferro e alumínio cristalinas e amorfas ligadas a fração argila natural	19
4.5	Formas de ferro e alumínio ligadas a matéria orgânica.....	20
4.6	P-Remanescente Padrão P-rem (P)	21
4.7	P-Remanescente Rotina Prem (R)	21
4.8	Capacidade máxima de adsorção de P (CMAP).....	22
5	RESULTADOS E DISCURSÃO	25
6	CONCLUSÕES	35
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1 INTRODUÇÃO

O solo é um componente de fundamental importância no desenvolvimento e manutenção de diversos ecossistemas. A conservação do solo e o manejo adequado desse bem tão precioso para a vida na terra é de fundamental importância, pois o solo é um recurso natural não renovável e o uso inadequado e a degradação, pode ocasionar em sérios problemas no futuro da humanidade. Portanto é imprescindível que a sociedade tome consciência da importância do solo para a vida e desenvolvam comportamentos e políticas públicas que favoreçam a biodiversidade e conservação do solo (VEZZANI 2015).

O fósforo (P) é um macronutriente primário fundamental para o desenvolvimento das plantas, pois participa de vários processos celulares, tais como; fotossíntese, respiração celular, transferência e armazenamento de energia e crescimento celular.

Os solos brasileiros apresentam por natureza baixos teores de P, devido ao material de origem dos solos, o grau de intemperismo e a interação do fósforo com o solo. Portanto para se ter um bom desenvolvimento das plantas e alcançar alta produtividade é de suma importância a adubação fosfatada (CARNEIRO et al., 2011; SILVA et al., 2015).

Nem todo o fósforo 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 do solo como: acidez potencial (H+Al), teores de ferro (Fe) e alumínio (Al) presentes no solo, matéria orgânica (MO), CTC do solo, fósforo remanescente (P-rem), teor de argila, areia, entre outros. Essa interferência pode diminuir o P disponível na solução do solo, onde as plantas absorvem o nutriente para o seu desenvolvimento (MOREIRA et al., 2006; VILAR et al., 2010; CORRÊA et al., 2011).

O presente trabalho traz o estudo da adsorção de fósforo em 11 solos coletados em diferentes regiões do estado de Alagoas, tem como objetivo avaliar a correlação dos atributos químicos e físicos do solo, com a CMAP, avaliar a correlação do P-rem no método padrão e de rotina e definir níveis críticos de P no solo, com base nos teores de argila e P-rem.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Solo

O solo pode ser definido de várias formas, a depender do objetivo em que é estudado, EMBRAPA, (2018) define solo como uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza.

Tem sua formação ligada a decomposição de rochas, é um material solto e macio que compõem quase que toda a superfície terrestre, suas características são bastante variáveis quanto à sua espessura, cor, quantidade e organização das partículas, e são influenciadas pela rocha que deu origem ao solo. São compostos por (areia, silte e argila) e servem como um meio natural para o crescimento e desenvolvimento de plantas e organismos vivos, e também é onde nos seres humanos vivemos e construímos nossas casas (COELHO, 2013).

Segundo Vezzani (2015), O solo é a base de todos os processos de autorregulação do planeta, pois é nesse recurso natural que todos os processos ecológicos de que a vida terrestre depende, pelo menos, uma parte ocorre nele. A manutenção do funcionamento do ecossistema é altamente dependente da riqueza de espécies e da sua distribuição, fatores que determinam a biodiversidade.

É a partir do solo que as plantas retiram todo seu sustento, desde a água até os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento e produção. Esses nutrientes presentes no solo são divididos a partir da quantidade absorvida pelas plantas. Os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), são absorvidos em maiores quantidades. Já os micronutrientes (Zn, Mn, Fe, B, Mo, Cl, Ni) são absorvidos em quantidades menores, mas também são importantes para o desenvolvimento das plantas. A medida em que as plantas vão absorvendo esses nutrientes, torna-se necessário sua reposição através de adubações. A análise do solo é uma prática de extrema importância para que se possa repor os nutrientes de maneira e quantidades corretas, sem haver desperdício ou prejuízo financeiro. (GALVÃO et al. 2008; CARMO 2012).

2.2 Fósforo

O fósforo (P), tem sua extração a partir das rochas fosfáticas, que pode ser de origem sedimentar (cerca de 85%), ou de origem ígnea (cerca de 15%) da oferta mundial. Vale ressaltar que essas fontes de P não são renováveis, alguns estudos revelam que no futuro essas fontes irão se esgotar, mais que pode demorar séculos para isso acontecer.

O que temos convicção é que o recurso é finito e de fundamental importância para a vida humana e produção de alimentos. Para se ter um uso sustentável do fosforo é necessário aprimorar o uso do nutriente e utilizar fontes renováveis de P, como resíduos orgânicos, esterco etc. (PANTANO et al 2016).

O fosforo é absorvido em grandes quantidades pelas plantas, o que o torna juntamente com Nitrogênio e potássio os nutrientes mais importantes para o seu desenvolvimento. Seu nível estando baixo no solo pode acarretar em grandes perdas na produtividade, pois diminui a incidência de raízes afetando diretamente o crescimento das plantas. Assim como a produção de frutos e sementes. Ao identificar que os níveis de P, estejam abaixo das exigências da cultura é necessário a adubação de reposição e manutenção, pois ele desempenha um papel fundamental na formação de ATP, e também é a principal fonte de energia para a realização de processos fundamentais para as plantas como a fotossíntese e a divisão celular (CAVALI et al 2016, SANTOS et al 2015).

Souza et al (2013) analisando o crescimento e qualidade das mudas de canafístula em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo. Concluiu que os dois elementos proporcionaram um maior crescimento das mudas de canafístula, porém as mudas adubadas com fosforo apresentaram uma melhor qualidade, concluindo que o fosforo é elemento fundamental no processo de produção das mudas.

Resultados semelhantes também foi observado por Parente et al (2016), que ao analisar o Residual de fósforo em cana soca para produção de forragem. Concluiu que a aplicação de fosfato natural reativo promoveu um efeito residual de P observado na cana soca, além de aumentar significativamente a altura da planta, distância entre nós e conseqüentemente a produtividade da cultura. Assim evidenciando a grande importância do nutriente para as plantas, sendo considerado o nutriente mais limitante na produtividade agrícola dos solos brasileiros.

2.3 Adsorção de P

Nascimento et al (2020) define adsorção como uma operação de transferência de massa, a qual estuda a habilidade de certos sólidos em concentrar na sua superfície determinadas substâncias existentes em fluidos líquidos ou gasosos, possibilitando a separação dos componentes desses fluidos.

A adsorção pode ser de dois tipos a depender das forças e de sua intensidade no processo, pode ser classificada em adsorção física e adsorção química. A adsorção química é altamente específica e nem todas as superfícies sólidas possuem sítios ativos capazes de adsorver quimicamente o adsorvato. Deve-se ressaltar que nem todas as moléculas presentes no fluido podem ser adsorvidas quimicamente, somente aquelas capazes de se ligar ao sítio ativo. Já a adsorção física é inespecífica e pode ocorrer vários lugares e possuem mais sítios capazes de adsorver. (NASCIMENTO et al 2020).

Existem vários atributos do solo que podem influenciar na adsorção de fósforo, dentre os atributos químicos e físicos os principais são: o tipo e o teor de argila, os óxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al), matéria orgânica (MO), acidez potencial (H+Al), capacidade de troca de cátions (CTC) do solo, fósforo remanescente (P-rem), etc. (NOVAIS E SMITH, 1999, CORRÊA et al., 2011, VALLADARES et al., 2003).

A textura do solo, por exemplo, participa significativamente da 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 arenosa.

Vilar et al (2010), ao analisar a CMAP relacionada com as formas de ferro e alumínio concluiu que a CMAP da fração argila natural mostrou relação de dependência com as formas cristalinas de Fe e Al e não se correlacionou com as formas de Fe e Al de baixo grau de cristalinidade.

Existem alguns métodos adotados para a estimativa da adsorção de P no solo dentre eles destacam-se: capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), no qual pode ser calculada, pela isoterma de Langmuir (Olsen e Watanabe, 1957), o P remanescente, usado como estimador da CMAP (Alvarez V. et al., 2000), teor de argila, energia de adsorção de fósforo (EAP), e a constante k de Freundlich. Segundo Correa et al (2011) a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), o fósforo

remanescente (P-rem) e a constante k da equação de Freundlich são variáveis confiáveis para se caracterizar a adsorção de P pelos solos.

Para quantificar a adsorção são usadas as chamadas isotermas de adsorção, que são equações matemáticas usadas para descrever, em termos quantitativos, a adsorção de solutos por sólidos, a temperatura constante. Uma isoterma de adsorção mostra a quantidade de um determinado soluto adsorvida por uma superfície adsorvente, em função da concentração de equilíbrio do soluto. Dentre as isotermas conhecidas destacam-se os modelos de Langmuir e Freundlich. 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).

Nesse contexto há poucos estudos envolvendo os solos de Alagoas, no tocante a sua capacidade máxima de adsorção de fosfatos e suas relações com os demais atributos dos solos (Argila, CTC, teores de Fe e Al, MO, acidez potencial (H+Al), P-rem etc.). Esses estudos são fundamentais para a definição doses de P para as culturas cultivadas na região, visto que os solos do estado de Alagoas são considerados pobres em P, assim como os solos do Brasil em geral. É importante também o entendimento da ocorrência de fixação de P pelos solos. A maioria dos trabalhos envolvem solos da região do cerrado, com características químicas e mineralógicas bem diferentes dos solos do Estado de Alagoas.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

- O objetivo geral deste trabalho avaliar a correlação dos atributos químicos e físicos dos 11 solos coletados em diferentes regiões do estado de alagoas, com a CMAP, assim como analisar a correlação do P-rem pelo método padrão e de rotina e definir níveis críticos para adubação com P, com base nos teores de argila e P-rem.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar P-rem pelo método padrão e pelo método de rotina.
- Avaliar a correlação do P-rem pelo método padrão e de rotina.
- Definir níveis críticos de P com base nos teores de argila e P-rem, para os solos do estado de Alagoas.
- Avaliar a correlação da CMAP, com os atributos químicos e físicos dos solos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Coleta e preparo das amostras

Foram coletadas 11 amostras compostas de solo na profundidade de 0 – 20 cm em locais de mata nativa, em municípios das regiões Litorânea, Agreste e Sertão do Estado de Alagoas (figura 1), nos municípios de Pariconha, Mata Grande, Penedo, Piranhas, Coruripe, Arapiraca, São Miguel dos Campos, São Sebastião, União dos Palmares, Rio Largo e Joaquim Gomes. Na tabela 1 temos a classificação dos 11 solos e suas respectivas cidades onde foram coletadas as amostras de solo.

Tabela 1 – Classificação dos solos do estado de Alagoas

Solos	Classificação	Local
1	RR	Pariconha
2	RQ	Mata Grande
3	PA1	Penedo
4	SX	Piranhas
5	PA2	Coruripe
6	LV	Arapiraca
7	PA3	São Miguel dos Campos
8	LVA	São Sebastião
9	PVA	União dos Palmares
10	LA1	Rio Largo
11	LA2	Joaquim Gomes

RR: Neossolo Regolítico; RQ: Neossolo Quartzarênico; PA1: Argissolo Amarelo Distrocoeso; SX: Planossolo Háplico; PA2: Argissolo Amarelo Distrocoeso; LV: Latossolo Vermelho; PA3: Argissolo Amarelo Distrocoeso; LVA: Latossolo Vermelho Amarelo; PVA: Argissolo Vermelho Amarelo; LA1: Latossolo Amarelo Distrocoeso; LA2: Latossolo Amarelo Distrocoeso.

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

As amostras foram coletadas com auxílio de um trado holandês de aço inox, em seguida foram devidamente identificadas e secas à 30 °C em estufa de ventilação forçada de ar por 4 dias.

Em seguida foram processadas em peneira de 10 mesh (2mm) e acondicionadas em sacos plásticos para posterior realização das análises.

Figura 1 - Mapa das mesorregiões do estado de Alagoas, com as cidades nas quais foram coletados os solos.



Fonte: IBGE 2015, adaptado.

As determinações de análise granulométrica e de fertilidade foram feitas seguindo os procedimentos adotados no Laboratório de Solo, Água e Planta (LABSAP) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, de acordo com TEIXEIRA et al. (2017).

4.2 Análises físicas

Foram feitas determinações de análise granulométrica pelo método do densímetro com modificações (areia, foi feita por peneiramento). Foram determinados os teores de areia grossa, areia fina, silte e argila figuras 2 e 3. Seguindo os procedimentos adotados por TEIXEIRA et al. (2017).

Figuras 2 e 3 – Procedimentos das análises físicas dos solos.



Fonte: dados da pesquisa, 2022.

4.3 Análises químicas

Foram determinados pH em água, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al e matéria orgânica. As determinações de P em solução foram feitas colorimetricamente, pelo método do ácido ascórbico (Braga e Defelipo, 1974). As determinações de Ca, Mg e Al foram feitas por titulação, H+Al foi feito indiretamente com leituras de pH em SMP, matéria orgânica pelo método colorimétrico (figuras 4 e 5), seguindo a metodologia do Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes, EMBRAPA (2009).

Figuras 4 e 5 – Procedimento das análises químicas dos solos.



Fonte: dados da pesquisa 2022.

4.4 Análises de ferro e alumínio cristalinas e amorfas ligadas a fração argila natural

As formas de ferro cristalinas (Fe_d) e alumínio (Al_d) foram extraídas com soluções ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB), usando três extrações sucessivas de 15 min à temperatura de 80 °C, segundo o método de Mehra & Jackson (1960). Amostra de 0,2 g de solo acondicionada em tubo de centrífuga de 50 mL, em seguida adiciona-se 40 mL de solução de citrato-Na 0,3 M ($Na_3C_6H_5O_7 \cdot 2H_2O$) e 5 ml de solução bicarbonato-Na 1M ($NaHCO_3$). A seguir, o tubo foi colocado em banho-maria a 80° C, onde, adicionou a cada tubo 1 g de ditionito de sódio ($Na_2S_2O_4$), parcelado em três alíquotas ($\cong 0,33$ g).

Após a adição de cada alíquota de ditionito de sódio, a suspensão foi agitada manualmente com bastão de vidro durante 1 min. Em seguida, centrifugou a suspensão a 5000 rpm durante 5 min e o sobrenadante foi separado e reservado para posterior determinação de Fe e Al presentes. A determinação destes foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica.

Já as formas amorfas de (Fe_o) e (Al_o) foram feitas com solução de oxalato de amônio. S. Amostra de 0,5 g de solo (figura 6), foi acondicionada em tubo de centrífuga de 50 ml, e seguida, adicionada 20 mL de oxalato ácido de amônia 0,2 M a pH 3. A suspensão foi agitada durante 4 horas no escuro, em agitador horizontal, logo após foi feita uma centrifugação durante 15 min a 5000 rpm. No sobrenadante foram feitas determinações de Fe e Al (figura 7) por espectrometria de absorção atômica. MEHRA & JACKSON, (1960).

Figuras 6 e 7 – Procedimento das análises de Fe e Al ligados a fração argila.



Fonte: dados da pesquisa, 2022.

4.5 Formas de ferro e alumínio ligadas a matéria orgânica

As formas (Fe_p) e (Al_p) complexados pelos humos da matéria orgânica são extraídas com a solução de pirofosfato de sódio.

Pesar 0,250g de solo, colocar em tubo de centrifuga de 50ml, em seguida adicionar 30 ml da solução de pirofosfato de sódio 0,1M agitar no escuro durante a noite, adicionar 0,5ml da solução de supefloco a 0,1%, centrifugar a 1500 rpm por 10 minutos, deixar decantar e posteriormente fazer as determinações de Fe e Al por espectrometria de absorção atômica, (MEHRA & JACKSON, 1960).

Figuras 8 e 9 – procedimento das análises de Fe e Al ligados a M.O do solo.

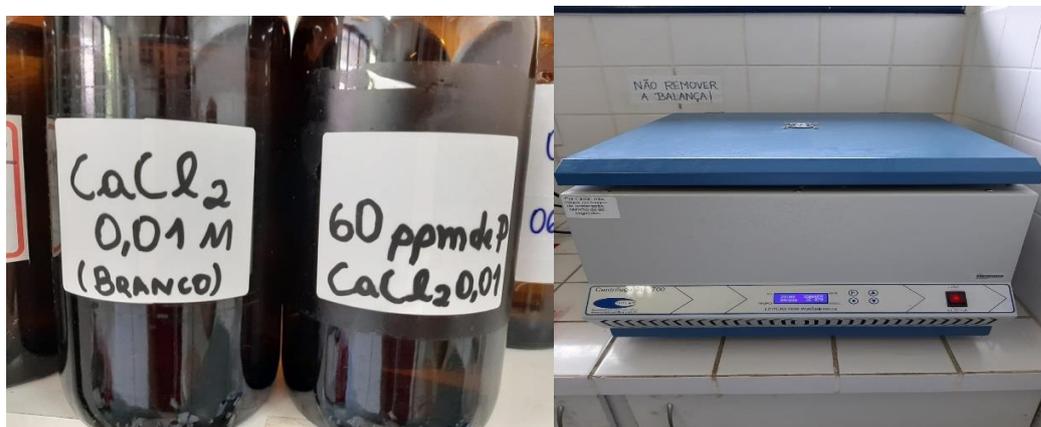


Fonte: dados da pesquisa, 2022.

4.6 P-Remanescente Padrão P-rem (P)

A determinação do P remanescente no método padrão foi feita com amostras em duplicatas, com uma solução em equilíbrio obtida após agitação de uma amostra de solo de 2,5 cm³ com 25 mL de solução de CaCl₂ 0,01 M, contendo 60 mg L⁻¹ de P, durante 1 h em agitador vertical (Alvarez V. et al., 2000). Após centrifugar por 5 min a 3000 rpm, em seguida foi filtrado, e o P contido em solução, este foi dosado colorimetricamente em feixe de luz a 725 nm. (BRAGA E DEFELIPO, 1974).

Figuras 10 e 11 - Procedimento das análises de P-rem (P).



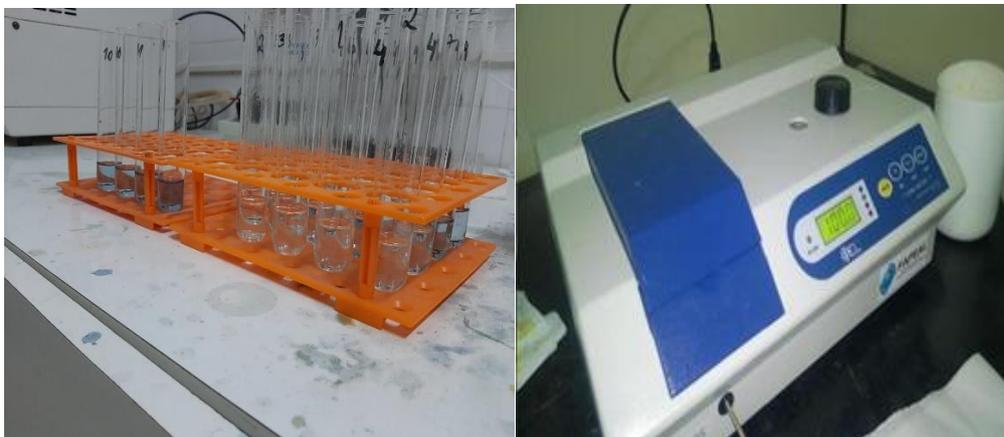
Fonte: dados da pesquisa, 2022.

4.7 P-Remanescente Rotina Prem (R)

Já o método de rotina foi feito com amostras também duplicatas, a determinação do P remanescente foi feita com uma solução em equilíbrio obtida após agitação de uma amostra de solo de 5 cm³ com 50 mL de solução de CaCl₂ 0,01 M, contendo 60 mg L⁻¹ de P, com agitação horizontal por 5 min e repouso por cerca de 16 h (Teixeira et al 2017). Em seguida retirou-se o sobrenadante e determinou-se o P

em solução, colorimetricamente na faixa de luz de 725nm. (BRAGA E DEFELIPO, 1974).

Figuras 12 e 13 - Procedimento das análises de P-rem (r).



Fonte: dados da pesquisa, 2022.

4.8 Capacidade máxima de adsorção de P (CMAP)

A determinação da Capacidade Máxima de Adsorção de P (CMAP) foi feita com as doses crescente de P, de acordo com os valores de P remanescente, determinado pelo Método Padrão. Em duplicata, retirou-se 2,5 cm³ de solo, com 25 mL da solução de CaCl₂ 0,01 M, contendo doses crescentes de P, agitados por 24h, em agitador vertical, em seguida centrifugada por 5 min a 3000 rpm para a determinação do P em solução colorimetricamente, na faixa de luz de 725nm.

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 foram avaliados e ajustados à isoterma de adsorção, estimada pela equação de Langmuir linearizada, optando pela segunda região da isoterma de Langmuir. Os procedimentos de ajuste foram feitos por meio de equação de regressão e desenvolvido no Excel.

Figuras 14 e 15 - Procedimento das análises da Capacidade Máxima de Adsorção de Fósforo (CMAP).



Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Na tabela 2 estão representados os resultados das análises químicas e granulométrica dos 11 solos do estado de alagoas.

Os resultados variam bastante, de acordo com as características químicas e granulométrica, fatores que influenciaram na variação da CMAP, P-Rem e as diferentes formas de Fe e Al, que serão discutidos posteriormente.

Tabela 2: Resultados das análises de fertilidade, física e teores de ferro e alumínio dos solos do estado de Alagoas

AMOSTRAS DE SOLO											
Atributos	1 (RR)	2 (RQ)	3 (PA1)	4 (SX)	5 (PA2)	6 (LV)	7 (PA3)	8 (LVA)	9 (PVA)	10 (LA1)	11 (LA2)
pH	5,9	4,7	4,7	6,3	4,6	5,6	4,7	5,5	5,2	5,2	4,7
P¹	60	12	4	68	5	5	5	3	7	4	4
K¹	75	30	75	185	50	350	58	126	20	45	83
Ca²	2,63	0,50	1,25	4,11	1,96	2,36	1,37	1,20	2,33	2,33	1,20
Mg²	0,76	0,22	1,03	1,75	0,60	1,39	0,59	0,80	0,89	0,86	0,97
Al²	0,09	0,26	0,64	0,00	1,29	0,13	0,92	0,00	0,87	0,66	1,34
H+Al²	2,31	2,24	7,92	2,74	7,06	4,67	7,56	2,80	6,22	8,43	10,59
SB²	3,69	0,89	2,60	6,44	2,80	4,80	2,22	2,45	3,48	3,46	2,51
CTC³	6,00	3,13	10,52	9,18	9,86	9,47	9,78	5,25	9,70	11,8	13,10
V³	62	28	25	70	28	51	23	47	36	29	19
m³	2	23	20	0	32	3	29	0	20	16	35
M.O.⁴	21,9	7,4	32,4	19,9	33,6	28,2	39,8	16,2	33,2	49,1	56,6
Areia⁴	740	920	840	710	690	660	650	610	460	540	400
Silte⁴	210	20	40	160	150	100	90	90	200	80	140
Argila³	5	6	12	13	16	24	26	30	34	38	46
CMAP⁵	0,15	0,14	0,16	0,34	0,23	0,27	0,44	0,24	0,46	0,98	0,87
Fe_d⁴	1,07	1,08	4,22	13,11	11,44	30,30	14,64	32,23	23,34	23,9	18,69
Al_d⁴	0,79	0,78	1,16	3,82	6,34	9,25	0,24	13,21	11,22	19,0	3,55
Fe_o⁴	1,28	1,69	1,94	13,60	3,12	4,83	26,78	2,97	12,41	6,64	6,94
Al_o⁴	0,41	0,33	0,47	0,61	0,73	0,84	0,94	0,51	0,63	0,78	0,48
Fe_p⁴	0,50	0,63	0,39	0,59	1,50	0,70	0,98	0,54	0,91	2,26	1,33
Al_p⁴	0,21	1,02	0,94	1,17	1,27	0,48	1,66	0,59	1,48	2,45	1,91

(1) mg dm⁻³(2) cmolc dm⁻³

(3) %

(4) g kg⁻¹(5) mg kg⁻¹

(d) Extração por ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB)

(o) Extração por oxalato ácido de amônio

(p) Extração por pirofosfato de sódio

Fonte: dados da pesquisa, 2022

5 RESULTADOS E DISCURSÃO

Os resultados das determinações de P-rem no método padrão e no método de rotina estão dispostos na tabela 3.

Tabela 3 - Fósforo Remanescente (P-Rem) método padrão e método de rotina das amostras de solo estudadas.

Solo (Classificação)	P-Rem (R) mg L⁻¹	P-rem (P) mg L⁻¹
1 (RR)	53,1	56,1
2 (RQ)	54,8	55,6
3 (PA1)	53,8	54,5
4 (SX)	41,8	43,5
5 (PA2)	49,4	49,8
6 (LV)	46,6	48,3
7 (PA3)	37,0	39,2
8 (LVA)	49,2	51,6
9 (PVA)	34,3	36,4
10 (LA1)	22,5	21,7
11 (LA2)	26,6	23,2

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Os resultados da análise estatística que correlacionam a CMAP com os demais atributos químicos e físicos dos solos estão descritos na tabela 4.

Tabela 4: Resultados da análise estatística, obtidos por correlação, regressão e teste t, em que CMAP é a variável correlacionada com os demais atributos do solo.

Atributos	R	R²	b0	b1	Teste t
pH	-0,120	0,014	0,8011	-0,0727	0,7250 N/S
P	-0,097	0,009	0,4356	-0,0008	0,7769 N/S
K	-0,191	0,36	0,4928	-0,0007	0,5736 N/S
Ca	0,082	0,007	0,3625	0,0300	0,8105 N/S
Mg	0,079	0,006	0,3578	0,0698	0,8172 N/S
Al	0,391	0,153	0,2616	0,2814	0,2346 N/S
H+Al	0,632	0,399	-0,0282	0,0789	0,0369 *
SB	0,053	0,003	0,3782	0,0131	0,8772 N/S
CTC	0,646	0,417	-0,2828	0,0790	0,0318 *
V	-0,347	0,120	0,7003	-0,0074	0,2958 N/S
M	0,260	0,068	0,3040	0,0071	0,4399 N/S
MO	0,767	0,588	-0,1723	0,0193	0,0059 **
Areia total	-0,676	0,457	1,4661	-0,0016	0,0224*
Silte	-0,006	0,000	0,4244	0,000	0,9860 N/S
Argila	0,845	0,593	-0,0482	0,0021	0,0056 **
P-Rem (P)	-0,985	0,882	1,6233	-0,0276	0,0000 **
P-Rem (R)	-0,979	0,861	1,6959	-0,0299	0,0000 **
Fe_d	0,407	0,166	0,2086	0,0134	0,2140 N/S
Al_d	0,592	0,350	0,2017	0,0347	0,0550 N/S
Fe_o	0,207	0,043	0,3474	0,0098	0,5412 N/S
Al_o	0,329	0,108	0,0430	0,6168	0,3233 N/S
Fe_p	0,849	0,721	-0,0929	0,5466	0,0009 **
Al_p	0,853	0,728	-0,1398	0,4675	0,0008 **

(N/S) = Não significativo.

(*) = significativo a 5% de probabilidade.

(**) = significativo a 1% de probabilidade.

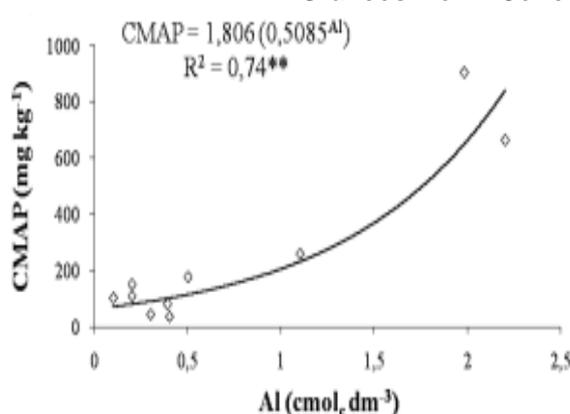
Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Em relação a correlação da CMAP com os atributos estudados nos solos, podemos observar que: os atributos pH, P, K, SB, Al, V%, M%, Ca, Mg e silte, não houve correlação com a CMAP.

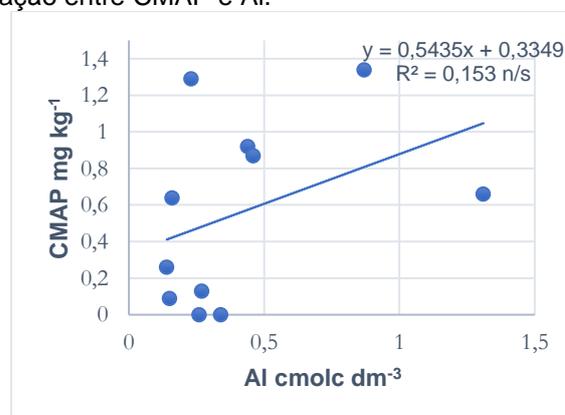
Corrêa et al (2011) ao analisar a relação do alumínio trocável (Al^{3+}), com a CMAP do solo, concluiu que o elemento tem relação direta com a adsorção de P (gráfico 1), divergindo do presente trabalho (gráfico 2).

Já nas variáveis pH, K e P tiveram resultados semelhantes, ambos não se correlacionaram com a CMAP dos solos. Moreira et al (2006), ao analisar Adsorção de fósforo em solos do Estado do Ceará, teve como resultado que as variáveis pH e Al não afetaram significativamente a CMAP dos solos, resultados semelhantes ao encontrado no presente trabalho, entretanto na variável P disponível, teve alta correlação com a CMAP do solo, divergindo do resultado encontrado neste trabalho.

Gráficos 1 e 2 - Correlação entre CMAP e Al.



Fonte: Corrêa et al (2011).



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

Enquanto que nos teores de ferro e alumínio cristalinas Fe_d e Al_d e amorfas Fe_o e Al_o , ligados a fração argila, não foi observado correlação significativa com a CMAP dos solos com valores de $R^2 = 0,166, 0,350$ e $0,043, 0,108$ respectivamente. Resultados diferentes aos encontrados por (Moreira et al, 2006; Valladares et al, 2003), que ao analisar a correlação da CMAP com as formas de ferro e alumínio cristalinas e amorfas, concluíram que os parâmetros influenciaram de forma significativa a CMAP dos solos. Já Vilar et al (2010), ao analisar os mesmos parâmetros, concluiu que a CMAP mostrou relação de dependência com as formas de ferro e alumínio cristalinas e não se correlacionou com as formas de ferro e alumínio amorfas ou de baixo grau de cristalinidade.

Já os atributos acidez potencial (H+Al), capacidade de troca de cátions (CTC) e areia total, apresentaram correlação, significativa a 5% de probabilidade pelo teste T, com valores de $R = 0,399, 0,417$ e $-0,676$ e coeficientes de correlação $R^2 = 0,632, 0,646$ e $0,457$, respectivamente. Resultados semelhantes ao encontrado por Corrêa et al (2011) que ao correlacionar a CMAP do solo com a CTC e H+Al, concluiu que os

parâmetros tem influência na CMAP dos solos. Já no trabalho de Guilherme et al (2000) os resultados foram divergentes, na variável (H+Al), ele obteve uma alta correlação com a CMAP do solo com coeficiente de correlação $R^2 = 0,79$, já a CTC, teve uma baixa correlação com a CMAP dos solos.

Ao avaliar a correlação da CMAP com o teor de M.O foi observado uma alta correlação $R^2 = 0,588$, assim como encontrados em muitos trabalhos na literatura (CHAVES et al, 2007; GUILHERME et al, 2000; SILVA et al, 2015).

Dessa forma percebe-se que o teor de M.O tem fundamental importância na adsorção de P nos solos, partindo desse ponto ao analisar os resultados das formas de ferro e alumínio ligados a M.O (Fe_p e Al_p), os resultados mostram também uma alta correlação $R^2 = 0,721$ e $0,728$ respectivamente mostrando que esses parâmetros tem grande importância na adsorção de P, para os solos de alagoas, e tem essa necessidade de se fazer novos estudos relacionados ao presente tema.

Outra variável que teve alto coeficiente de correlação com a CMAP é o teor de argila no solo com $R = 0,845$ concordando com diversos trabalhos na literatura (BAHIA FILHO et al, 1983; VILAR et al, 2010; VALLADARES et al, 2003; OLIVEIRA et al, 2014; FALCÃO et al, 2004; BOSCHETTI et al, 1998; CHAVES et al, 2007; SILVA et al, 2015).

O teor de argila é um parâmetro bastante utilizado para estimar a CMAP dos solos, devido a sua relação direta com a CMAP, principalmente nos solos do cerrado.

Na tabela 5 estão representados os valores de argila dos 11 solos do estado de alagoas, e classificados respectivamente quanto a adsorção de fósforo em: baixo ($00-150 \text{ g/kg}^{-1}$), médio ($151-350 \text{ g/kg}^{-1}$), alto ($351-600 \text{ g/kg}^{-1}$) e muito alto ($<600 \text{ g/kg}^{-1}$).

Tabela 5 - Classificação dos solos do estado de Alagoas quanto ao teor de argila

Classificação dos solos do estado de Alagoas quanto ao teor de argila, com base na adsorção de fósforo					
Classificação quanto à adsorção de P					
Solos	Argila (g kg ⁻¹)	Baixa (textura arenosa) (00-150) g kg ⁻¹	Media (textura media) (151-350) g kg ⁻¹	Alta (textura argilosa) (351-600) g kg ⁻¹	Muito alta (textura muito argilosa) (>600) g kg ⁻¹
1 (RR)	50				
2 (RQ)	60				
3 (PA1)	120				
4 (SX)	130				
5 (PA2)	160				
6 (LV)	240				
7 (PA3)	260				
8 (LVA)	300				
9 (PVA)	340				
10 (LA1)	380				
11 (LA2)	460				

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

A partir dos resultados observamos que a argila está disposta de maneira crescente sendo que os solos 1 (RR), 2 (RQ), 3 (PA1), 4 (SX), são de textura arenosa, consequentemente **baixa** adsorção de P.

Enquanto que os solos 5 (PA2), 6 (LV), 7 (PA3), 8 (LVA) e 9 (PVA), são de textura media e **media**, adsorção de fosforo, que representa o nível crítico no solo.

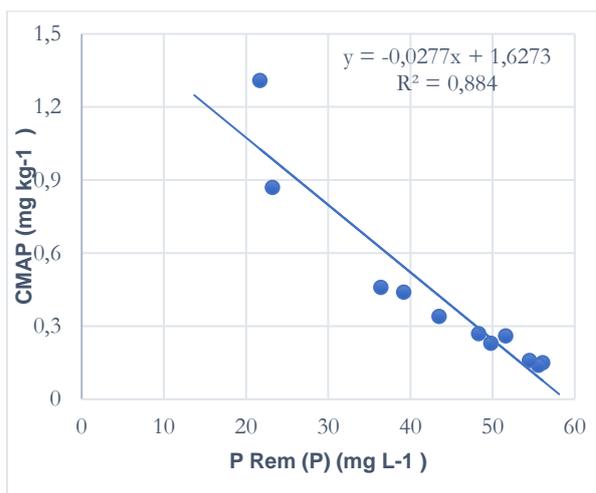
Já os solos 10 (LA1) e 11 (LA2), são de textura argilosa e **alta** adsorção de P, na classe muito argilosa não tivemos nenhum solo.

A variável P-Rem foi a que se correlacionou melhor com a CMAP dos solos, tanto no método de análise padrão P-Rem (P), quanto no método adaptado para análise de rotina P-Rem (R), (gráficos 3 e 4), desta forma a concordar com vários trabalhos na literatura (BAHIA FILHO et al, 1983; VILAR et al, 2010; CORRÊA et al, 2011).

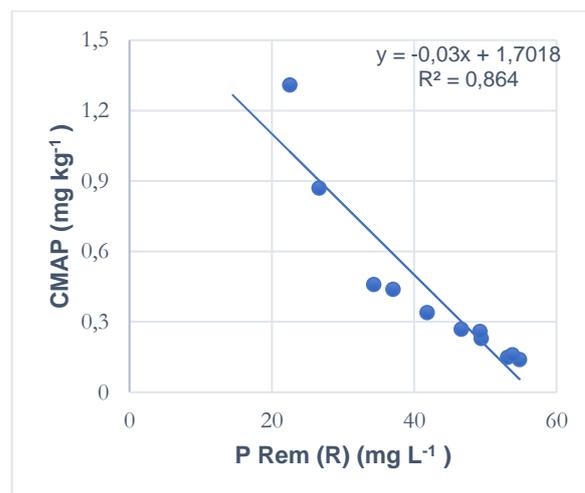
Vilar et al (2010), concluiu em seu trabalho que o P-Rem apresentou correlação significativa ($p < 0,01$) com a capacidade máxima de adsorção de P (CMAP) dos solos estudados (gráfico 5). Enquanto que Corrêa et al (2011) analisando a CMAP em solos do estado de Pernambuco, concluiu que o P Rem é um atributo confiável para a

estimativa da CMAP dos solos de Pernambuco (gráfico 6), dessa forma a concordar com o presente trabalho.

Gráficos 3 e 4 - Correlação entre a CMAP e P-rem.

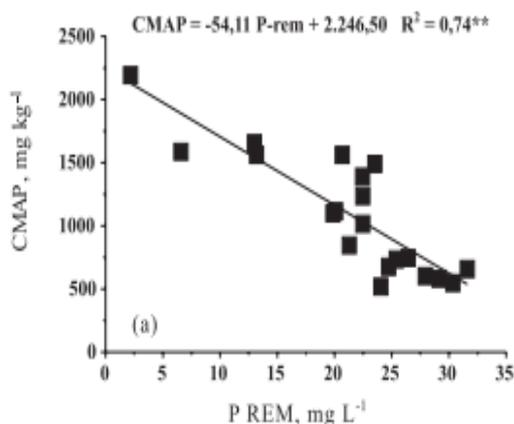


Fonte: Dados da pesquisa, 2021

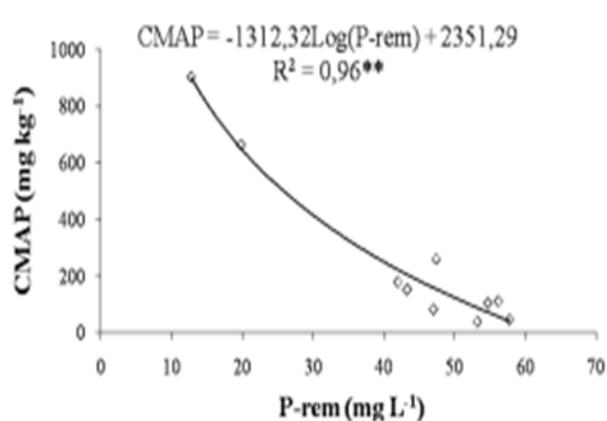


Fonte: Dados da pesquisa, 2021

Gráficos 5 e 6 – Correlação entre CMAP e P rem (P).



Fonte: Villar et al (2010)



Corrêa et al (2011)

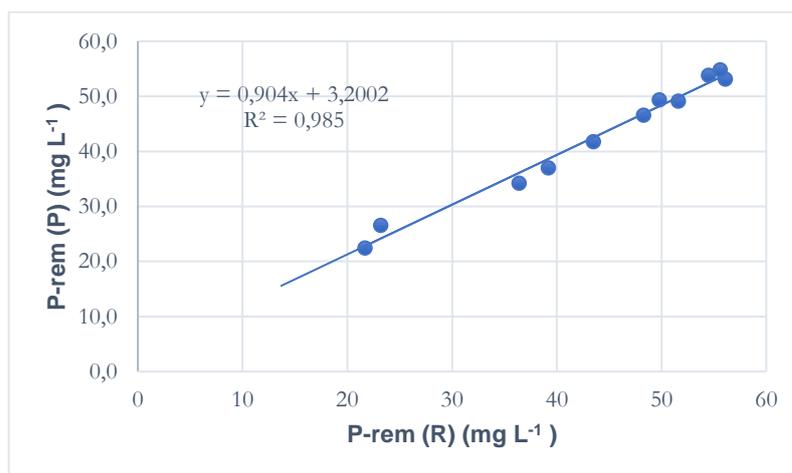
Na tabela 6 e no gráfico 7, temos a análise de variância comparando os 2 métodos para estimativa de P-rem (padrão e rotina), com correlação, regressão e teste T, foi constatado que não há diferença significativa entre os dois métodos de análise, o Coeficiente de correlação foi de $R^2 = 0,985$, sendo assim o método de rotina pode também ser utilizado para estimar o P-Rem, por sua praticidade é uma boa alternativa para análises de rotina em laboratórios.

Tabela 6: Resultados da análise estatística, obtidos por correlação, regressão e teste t, correlacionando os métodos P-rem padrão e P-rem rotina.

R	R²	b0	b1	Teste t
0,992	0,985	-2,830	1,090	0,000 N/S

Fonte: Dados da pesquisa, 2021

Gráfico 7 - Correlação entre P rem (P) e P rem (R).



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Na tabela 7 e 8 estão representados os valores de P-rem (P) e P-rem (R) respectivamente, e a classificação dos 11 solos do estado de Alagoas quanto a adsorção de P, divididos em baixa, média, alta e muito alta, a quantidade média representa o nível crítico de P no solo.

Tabela 7: Classificação dos solos de alagoas com base nos valores de P-rem (P).

Classificação dos solos do estado de Alagoas quanto ao teor de P-rem (P), com base na adsorção de fósforo		Classificação quanto a adsorção de P (mg L ⁻¹)			
Solos	P-rem (P) (mg L ⁻¹)	Baixa (50-60)	Media (36-49,9)	Alta (21,0-35,9)	Muito alta (<21)
1 (RR)	56,1				
2 (RQ)	55,6				
3 (PA1)	54,5				
4 (SX)	43,5				
5 (PA3)	49,8				
6 (LV)	48,3				
7 (PA3)	39,2				
8 (LVA)	51,6				
9 (PVA)	36,4				
10 (LA1)	21,7				
11 (LA2)	23,2				

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Tabela 8: Classificação dos solos de alagoas com base nos valores de P-rem (R).

Classificação dos solos do estado de Alagoas quanto ao teor de P-rem (R), com base na adsorção de fósforo		Classificação quanto a adsorção de P (mg L ⁻¹)			
Solos	P-rem (R) (mg L ⁻¹)	Baixa (60,0-49,0)	Media (33,0-48,9)	Alta (16,0-32,9)	Muito alta (<16,0)
1 (RR)	53,1				
2 (RQ)	54,8				
3 (PA1)	53,8				
4 (SX)	41,8				
5 (PA3)	49,4				
6 (LV)	46,6				
7 (PA3)	37,0				
8 (LVA)	49,2				
9 (PVA)	34,3				
10 (LA1)	22,5				
11 (LA2)	26,6				

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

A classificação dos solos de Alagoas quanto ao teor de P-rem (P), com base na adsorção de P, teve grande variação de baixo a alto, sendo que os solos 1(RR), 2 (RQ), 3 (PA1) e 8 (LVA) teve valores considerados baixos, enquanto que os solos 4 (SX), 6 (LV), 7 (PA3) e 9 (PVA), os teores foram médios dentro do nível crítico, já os solos 10 (LA1) e 11 (LA2) tiveram teores considerados altos, nenhum solo teve teor considerado muito alto.

Já os valores de P-rem (R), os resultados foram semelhantes com diferença apenas no solo 5 (PA3).

Na tabela 9 estão apresentados os valores da CMAP dos solos de alagoas e os solos foram classificados quanto a adsorção em: baixa (0,0-0,250 mg kg⁻¹), media (0,251-0,651mg kg⁻¹), alta (0,651-1,10 mg kg⁻¹) e muito alta (>1,10 mg kg⁻¹).

Tabela 9: Classificação dos solos de alagoas com base nos valores da CMAP

Classificação dos solos do estado de Alagoas com base nos valores de Capacidade Máxima de Adsorção de Fosforo (CMAP)					
Classificação quanto a adsorção de P (mg kg ⁻¹)					
Solos	CMAP (mg kg ⁻¹)	Baixa (0,0-0,250)	Media (0,251-0,651)	Alta (0,651-1,10)	Muito alta (>1,10)
1 (RR)	0,15				
2 (RQ)	0,14				
3 (PA1)	0,16				
4 (SX)	0,34				
5 (PA3)	0,23				
6 (LV)	0,27				
7 (PA3)	0,44				
8 (LVA)	0,24				
9 (PVA)	0,46				
10 (LA1)	0,98				
11 (LA2)	0,87				

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Os resultados da classificação dos solos de alagoas com base na CMAP, também variou de baixo a alto, sendo que as amostras 1 (RR), 2 (RQ), 3 (PA1) foram classificados com baixa adsorção, enquanto que os solos 4 (SX), 6 (LV), 7 (LVA) e 9 (PVA) teores médios, já os solos 10 (LA1) e 11 (LA2) altos teores, não tivemos teores considerados muito alto.

Os resultados de argila ao compararmos com a CMAP teve diferença na classificação de 3 solos, solos 4 (SX), 5 (PA3) e 8 (LVA), enquanto que no P-rem (P)

apenas o solo 5 (PA3), já no P-rem (R) as classificações foram iguais em todos os 11 solos do estado de alagoas.

Os resultados evidenciam que os solos são pobres em P, não só os solos do estado de Alagoas, mas os solos do Brasil em geral, tendo a necessidade de um bom manejo de adubação.

Nesse contexto fica evidente que há uma carência em estudos nesse tocante, no estado de alagoas, tendo em vista sua importância para um melhor manejo de fosforo no solo e uma economia na utilização de nutriente que é essencial para as plantas cultivadas.

6 CONCLUSÕES

Os atributos MO, F_{ep} , Al_p , Argila, P rem (P), P rem (R), CTC, H+Al e areia total apresentaram correlação significativa com a CMAP dos solos, portanto esses atributos participam de forma direta da CMAP dos solos estudados.

Nos atributos P rem (P) e P rem (R), não foi observado diferença significativa entre os dois métodos de análise, sendo assim o método de rotina também pode ser utilizado para estimar os teores de P-rem do solo.

Os solos foram classificados da com base nos valores da CMAP e P-rem (R), que classificou os solos de maneira idêntica. Os solos 1 (RR), 2(RQ) ,3 (PA1), 5 (PA2), 8 (LVA), apresentaram valores considerados baixos, enquanto que nos solos 4 (SX), 6 (LV), 7 (PA3) e 9 (PVA) valores considerados médios dentro do nível crítico, já nos solos 10 (LA1) e 11 (LA2) os valores foram considerados alto.

O método de recomendação a partir dos valores de P-rem (P) e P-rem (R), classificou melhor os solos do estado de alagoas, em comparação ao método de argila, sendo P-rem o método mais indicado para estimar a adsorção de P nos solos do estado de Alagoas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ V., V.H.; FONSECA, D.M. Definição de doses de fósforo para a determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfato e para ensaios de casa de vegetação. **R. Bras. Ci. Solo**, v.14, p. 49-55, 1990.
- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **B. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo**, v.25, p.27-32, 2000.
- BAHIA FILHO, A.F.C.; BRAGA, J.M.; RESENDE, M.; RIBEIRO, A.C. Relação entre adsorção de fósforo e componentes mineralógicos da fração argila de latossolos do planalto central. **R. Bras. Ci. Solo**, v.7, n.1, p.221-226, 1983.
- BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. **R. Ceres**, v.21, p.73-85, 1974.
- 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. **R. Bras. Ci. Solo**, v.35, p.483-491, 2011.
- CHAVES, L.H.G.; CHAVES, I. B; MENDES, J.S. Adsorção de fósforo em materiais de latossolo e argissolo. **R. Caatinga**, Mossoró, v.20, n.3, p.104-111, 2007.
- 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**, Maringá, v.33, ed.1, p.153-159, 2011.
- HERNÁNDEZ, J.; MEURER, E.J. Adsorção de fósforo e sua relação com formas de ferro em dez solos do Uru-guai. **R. Bras. Ci. Solo**, v.22, p.223-230, 1998.
- 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. **Biosci. J**, v.27, n.1, p.70-76, 2011.
- MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soil and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. **Clays Clay Miner.**, v.5, p. 317-327, 1960.
- MOREIRA, F.L.M.; MOTA, F.O.B.; CLEMENTE, C.A.; AZEVEDO, B.M.; BOMFIM, G.V. Adsorção de fósforo em solos do Estado do Ceará. **R. Ci. Agrônômica**, v.37, n.1, p.7-12, 2006.
- 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. **R. Bras. Ci. Solo**, v.38, p.1805-1815, 2014.

OLSEN, S.R.; WATANABE, F.S. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soil as measured by the Langmuir isotherm. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 21:144-149, 1957.

SILVA, L.S.; JÚNIOR, J.M.; SOUZA BAHIA, A.S.R.; CAMARGO, L.A.; PEREIRA, G.T. Capacidade máxima de adsorção de fósforo em solos do nordeste do estado de São Paulo. In: **XXXV Congresso Brasileiro de Ciências do solo**, São Paulo. 2015. **Anais...**, São Paulo, 2015.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análises de solo**. 3. ed. e ampl., Brasília, DF: Embrapa; 2017. 573p.
VILAR, C.C.; COSTA, A.C.S.; HOEPERS, A.; SOUZA JUNIOR, I.G. Capacidade máxima de adsorção de fósforo relacionada a formas de ferro e alumínio em solos subtropicais. **R. Bras. Ci. Solo**, v.34, p.1059-1068, 2017.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em Solo e Planta em Condições Tropicais**. Piracicaba-SP: v.1, 1999.

NETO, E. B.; BARRETO, L. P. **Análises Químicas e Bioquímicas em Plantas**. 1. ed. Recife-PE: Editora Universitária da UFRPE, 2011. 261 p. v. 1.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 532 p. v. 1. ISBN 978-85-7035-817-2.

COELHO, M. R.; FIDALGO, E. C.; SANTOS, H. G.; BREFIN, M. L. M. A.; PEREZ, D. V. **Solos: tipos, suas funções no ambiente, como se formam e sua relação com o crescimento das plantas**. 2013. cap. 3.

MANUAL TÉCNICO DE PEDOLOGIA: Guia prático de campo. Rio de Janeiro-RJ: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2015. 134 p. v. 1. ISBN 978-85-240-4361-1.

GALVÃO, S. R. S.; SALCEDO, I. H.; OLIVEIRA, F. F. **Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino**. Pesquisa agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 43, n. 1, p. 99-105, 2008.

VEZZANI, F. M. **Solos e os serviços ecossistêmicos**. Revista Brasileira de Geografia Física, [s. l.], v. 8, ed. 4, p. 673-684, 2015.

CAVALLI, C.; LANGE, A.; CAVALLI, E.; WRUCK, F. J.; SANTOS, P. H. **Adubação Fosfatada e Nutrição Foliar na Cultura da Soja em Solo Com Fertilidade em Construção**. Cultura Agronômica, Ilha Solteira-SP, v. 25, ed. 1, p. 93-104, 2016.

PANTANO, G.; GROSSELI, G. M.; MOZETO, A. A.; FADINI, P. S. Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar. Química nova, São Carlos-SP, v. 39, ed. 6, p. 732-740, 2016.

SANTOS, A.C.M.; CARNEIRO, J.S.S.; LEITE, R.C.; SOUZA, M.A.S.; FREITAS, G.A.; SILVA, R.R. **Adubação fosfatada com fertilizante Basiduo® na cultura da soja no oeste da Bahia**. J. Bioen. Food, [s. l.], v. 2, ed. 3, p. 82-90, 2015.

SOUZA, N. H.; MARCHETE, M. E.; CARNEVALI, T. O.; RAMOS, D. D.; SCALON, S. P. Q.; SILVA, E. F. **Estudo nutricional da canafístula (i): crescimento e qualidade de mudas em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo**. Revista Árvore, Viçosa-MG, v. 37, ed. 4, p. 717-724, 2013.

VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. **Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa**. Bragantia, Campinas-SP, v. 62, ed. 1, p. 111-118, 2003.

GUILHERME, L. R. G.; CURI, N.; SILVA, M. L. N.; RENÓ, N. B.; MACHADO, R. A. F. **Adsorção de fósforo em solos de várzea do estado de minas gerais**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 24, ed. 1, p. 27-34, 2000.

BOSCHETTI, N. G. A.; QUINTERO, C. E. G.; BENAVIDEZ, R. A. Q. **Caracterização do fator capacidade de fósforo em solos de Entre Ríos, Argentina**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 22, ed. 1, p. 95-99, 1998.

FALCÃO, N. P. S.; SILVA, J. S. A. **Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA/CPCA., Manaus, AM, v. 34, ed. 3, p. 337-342, 2004.

Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p. ISBN 978-85-7383-430-7.

SOUZA, D.M.G; NUNES, R.S; REIN, T.A; JUNIOR, J.D.S. **Manejo da Adubação Fosfatada para Culturas Anuais no Cerrado**, 2016. 9 p. (Circular técnica 33, EMBRAPA Cerrados).

P.G.S. WADT; L.M. SILVA. **Determinação do Fósforo Remanescente para a Avaliação da Disponibilidade de Fósforo em Solos do Estado do Acre**, 2011. 5 p. (Comunicado técnico 178, EMBRAPA Acre).