

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE  
COLEGIADO DE AGRONOMIA**

**JOSÉ IGOR SILVA PRAÇA**

**ESTIMATIVA DE CALAGEM PELO MÉTODO SMP EM SOLOS DO SUL DO  
ESTADO DO AMAZONAS**

**HUMAITÁ/AM**

**2022**

**JOSÉ IGOR SILVA PRAÇA**

**ESTIMATIVA DE CALAGEM PELO MÉTODO SMP EM SOLOS DO SUL DO  
ESTADO DO AMAZONAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia do Instituto de Educação Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas, como partes dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Vairton Radmann

**HUMAITÁ/AM**

**2022**

### Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

P921e Praça, José Igor Silva  
Estimativa de calagem pelo método SMP em solos do sul do estado do Amazonas / José Igor Silva Praça . 2022  
29 f.: il.; 31 cm.

Orientador: Vairton Radmann  
TCC de Graduação (Agronomia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Acidez do solo. 2. calagem. 3. Sul do Amazonas. 4. pH SMP. 5. calcário. I. Radmann, Vairton. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

**JOSÉ IGOR SILVA PRAÇA**

**ESTIMATIVA DE CALAGEM PELO MÉTODO SMP EM SOLOS DO SUL DO  
ESTADO DO AMAZONAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia do Instituto de Educação Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas, como partes dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

APROVADA EM 19 DE SETEMBRO DE 2022

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Vairton Radmann – IEAA/UFAM (Orientador)

---

Prof. Dr. Bruno Campos Mantovanelli (Avaliador)

---

Prof. Dr. Half Weinberg Corrêa Jordão (Avaliador)

## DEDICATÓRIA

*Dedico esta a minha amada e querida mãe e ao meu irmão, família e amigos que sempre acreditaram e me apoiaram para alcançar meus objetivos.*

*“O SENHOR é o meu pastor, nada me faltará. Deitar-me faz em verdes pastos, guia-me mansamente a águas tranquilas. Refrigera a minha alma; guia-me pelas veredas da justiça, por amor do seu nome.”*

*Salmos 23:1-3*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente à Deus pelo dom da vida, pela graça divina e também por me proporcionar todos os dias forças para enfrentar as dificuldades da vida.

À minha querida e amada mãe Maria de Nazaré dos Santos da Silva, por me ser minha inspiração todos os dias, e ter me mostrado o caminho a ser trilhado e ao meu querido irmão Iago Santos da Silva por ter me ensinado a compreender e valorizar a vida, estes sempre moraram em meu coração.

Aos meus queridos e amados avós maternos Tereza Lemos e Evaristo Barros e meus avós paternos José Praça (vô Piauí) e Ana Praça, por terem me educado e me acolhido como filho e sempre me apoiando e ajudando com tudo que precisava, muito obrigado, amo vocês.

A minha amada e querida namorada Ludmilla Colares por todo o carinho e motivação ao longo desses anos de estudos.

As tias e tios por todo o carinho e motivação ao longo desses anos de estudos.

A todos meus primos por sempre terem me motivado a estar nessa luta.

Aos meus companheiros e amigos Gleicy e Will, por estarem sempre ao meu lado, me motivando e compartilhando todas as experiências vividas até aqui, e também minha amiga Bia que durante esse pouco tempo se tornou muito querida.

Aos amigos de infância e de convívio do local onde cresci, e também pelos amigos e colegas que fiz durante este período de graduação (do curso de Agronomia e do futebol).

Ao professor Vairton Radmann pela orientação e por sugestões sempre pertinentes para o desenvolvimento dos trabalhos de pesquisa, muito obrigado.

Ao todos os professores desde o momento que comecei a estudar até os da graduação, que me ajudaram a trilhar este caminho.

Ao Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente por me acolher como estudante.

À Universidade Federal do Amazonas pela concessão das bolsas durante a graduação.

## RESUMO

A acidez é o principal fator de degradação química do solo e abrange extensas áreas de zonas temperadas e nos trópicos. A calagem é a prática de manejo mais comum, pois, reduz a toxidez de alumínio e melhora o ambiente radicular. O método SMP baseia-se, então, no poder tampão do solo, determinando maiores quantidades de corretivo, à medida que aumentam os níveis de acidez do solo. Este trabalho objetivou-se em avaliar um método de recomendação de calagem para correção da acidez em solos sob campos naturais, em Humaitá, AM. Para a instalação do experimento de incubação dos solos com calcário, foram selecionados 8 solos sob domínio de campos naturais do município de Humaitá-AM, sul do estado do Amazonas. Estes foram coletados na profundidade de 0 – 20 cm. O experimento da curva de incubação foi conduzido no galpão da UFAM, campus de Humaitá, onde os solos coletados foram destorroados e passados em peneiras com malhas de 4,0 mm de aberturas. Posteriormente foram separadas amostras com 1 kg de solo seco ao ar e acondicionadas em sacos plásticos com capacidade para 5 kg, sem poros de drenagem. Os solos foram colocados para incubação com doses correspondentes à 0,0; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário foram utilizados a mistura de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio. Dessa forma, seguiram-se com os tratamentos, resultantes de 8 tipos de solos sob 7 diferentes doses de calcário com 3 repetições, totalizando 168 unidades experimentais. Os resultados do experimento foram submetidos a análise de variância pelo teste F à 5% de probabilidade. Na sequência, os resultados de pH em água foram plotados graficamente em relação as doses de calcário e ajustados a modelos de regressão polinomial. Em relação ao efeito entre solos de necessidade de calcário, verifica-se que os solos de Campo 7 (C7) e Campo 6 (C6) requerem maior quantidade de calcário em relação aos demais para atingir determinado valor de pH, respectivamente. A relação positiva entre pH SMP dos solos e a exigência de calagem de todos os solos agrupados foi semelhante ao verificado nos solos separados individualmente. Houve efeito significativo entre o pH SMP dos solos e a necessidade de calagem para obtenção do pH 5,5; 6,0 e 6,5 pela curva de incubação, com os dados ajustando-se a um modelo linear.

**Palavras-chave:** Acidez do solo; calagem; Sul do Amazonas.

## ABSTRACT

Acidity is the main factor of soil chemical degradation and covers extensive areas of temperate zones and the tropics. Liming is the most common management practice as it reduces aluminum toxicity and improves the root environment. The SMP method is based on the soil's buffering power, determining greater amounts of corrective as the soil acidity levels increase. This work

aimed to evaluate a liming recommendation method for acidity correction in soils under natural grasslands, in Humaitá, AM. For the installation of the experiment of incubation of soils with limestone, 8 soils were selected under the domain of natural fields in the municipality of Humaitá-AM, south of the state of Amazonas. These were collected at a depth of 0 – 20 cm. The incubation curve experiment was carried out in the UFAM shed, Humaitá campus, where the collected soils were crushed and passed through sieves with 4.0 mm mesh openings. Subsequently, samples with 1 kg of air-dried soil were separated and placed in plastic bags with a capacity of 5 kg, without drainage pores. Soils were incubated at doses corresponding to 0.0; 1.0; 2.0; 4.0; 6.0; 8.0 and 10.0 t ha<sup>-1</sup> of limestone were used as a mixture of calcium carbonate and magnesium carbonate. Thus, treatments were followed, resulting from 8 types of soils under 7 different doses of limestone with 3 replications, totaling 168 experimental units. The results of the experiment were submitted to analysis of variance by the F test at 5% probability. Subsequently, the pH results in water were plotted graphically in relation to limestone rates and adjusted to polynomial regression models. Regarding the effect between soils requiring limestone, it appears that the soils of Field 7 (C7) and Field 6 (C6) require a greater amount of limestone in relation to the others to reach a certain pH value, respectively. The positive relationship between the SMP pH of the soils and the liming requirement of all the grouped soils was similar to that observed in the individual soils. There was a significant effect between soil SMP pH and the need for liming to obtain pH 5.5; 6.0 and 6.5 by the incubation curve, with the data fitting to a linear model.

**Keywords:** Soil acidity; liming; Southern Amazon.



## SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT .....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	11
2.1 Solos Amazônicos.....	11
2.2 Campos naturais.....	12
2.3 Acidez do solo .....	13
2.4 Calagem .....	15
2.5 Método pH SMP .....	15
3. OBJETIVOS .....	16
3.1 Geral.....	16
3.2 Específicos .....	16
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4.1 Caracterização do meio físico.....	17
4.2. Métodos de correção da acidez.....	18
4.2.1. Método da curva de incubação.....	18
4.2.2 Calibração do método SMP para recomendação de calagem .....	19
5 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	19
6 CONCLUSÃO.....	24
REFERÊNCIA.....	25

## 1. INTRODUÇÃO

A acidez é o principal fator de degradação química do solo e abrange extensas áreas de zonas temperadas e nos trópicos. Em muitas áreas do extremo norte do Brasil, a baixa produtividade agrícola está relacionada com a acidez, condições desfavoráveis ao bom desempenho das culturas. Aproximadamente 70% do Brasil é composto por solos ácidos, em que ocorre um declive no potencial produtivo das culturas em cerca de 40% (QUAGGIO, 2000).

No Amazonas ocorre o predomínio de solos das classes dos Latossolos e Argissolos, ambos geralmente distróficos, com baixa fertilidade natural e baixa CTC (RODRIGUES et al., 1971; MARQUES et al., 2002; FERREIRA, 2006). A grande maioria dos solos amazônicos são conhecidos por serem altamente intemperizados e caracterizados por acidez elevada, além de possuírem alta saturação por alumínio e baixa concentração de nutrientes, em função das elevadas taxas de precipitação que contribui para uma maior lixiviação das bases trocáveis do solo (OSAKADA, 2009).

Nos solos ácidos, o baixo rendimento das culturas está relacionado à deficiência de Ca, Mg, K e P, e a toxicidade de Al, Mn e H (MESFIN, 2007; MANOJ-KUMAR, 2011). Entre as causas químicas capazes de ocasionar a acidez do solo, destacam-se a água da chuva (dissociação do ácido carbônico -  $H_2CO_3$ ), a decomposição de materiais orgânicos (dissociação de prótons de grupamentos carboxílicos e fenólicos da matéria orgânica e de restos culturais), a adição de fertilizantes nitrogenados (ureia, sulfato de amônio, etc.) e a lixiviação de cátions como Ca, K e Mg (SÁ, 1993; WIETHÖLTER, 2000; WIETHÖLTER, 2002).

Para um aumento na eficiência da aplicação de nutrientes, benefícios do crescimento e rendimentos das culturas a calagem é a prática de manejo mais comum, pois, reduz a toxidez de alumínio e melhora o ambiente radicular (FARINA et al., 2000; SINGHA, 2006; CAIRES et al., 2011). Portanto, o calcário tem sido o material mais utilizado para neutralizar o efeito tóxico do alumínio no solo, em função de sua ação de melhoria nos atributos químicos e consequentemente atributos físicos e biológicos do solo.

Vários métodos têm sido testados para recomendação de calagem no Brasil, entre os principais destacam-se: curva de incubação, solução tampão (SMP), saturação por bases, neutralização do  $Al^{3+}$  e elevação dos teores de Ca e Mg (FAZIO, 1979; SOUZA et al., 1989; LOPES et al., 1990; VASCONCELLOS et al., 1994; ALVAREZ & RIBEIRO, 1999; QUAGGIO, 2000; FULLIN, 2001; CAMPANHARO et al., 2007).

O método de incubação com  $CaCO_3$  pode ser utilizado na recomendação da dosagem de calcário necessária para atingir os valores referenciais dos índices de acidez. Para este

método, devem ser utilizados solos com características representativas da região, aplicando-se doses crescentes de carbonato de cálcio. Com a determinação dos índices de acidez (pH, Al, m%, V%), são elaboradas curvas de neutralização. Assim, pode-se determinar a dosagem de CaCO<sub>3</sub> necessária para atingir o critério de tomada de decisão de calagem no solo desejado (RAIJ & QUAGGIO, 1997; QUAGGIO, 2000).

Um dos métodos usados é o SMP, acrônimo de Shoemaker, Mc Lean e Pratt, criado por Shoemaker et al., (1961). Em diversos países, a solução-tampão SMP (SHOEMAKER et al., 1961) é o método mais utilizado na avaliação a acidez potencial,

O método SMP baseia-se, então, no poder tampão do solo, determinando maiores quantidades de corretivo, à medida que aumentam os teores de matéria orgânica e alumínio trocável, que são fontes de acidez do solo. É um dos métodos mais utilizados, por ser barato, rápido, preciso e de elevada correlação com os valores da necessidade de corretivos obtidos na incubação do solo (KAMINSKI, 1974; QUAGGIO, 1983).

De acordo com Pavan et al. (1996) e Quaggio & Raij (2001), o uso deste método deve ser precedido de uma regionalização edafológica prévia, para obter curvas de calibração específicas.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Solos Amazônicos**

A região Amazônica é formada por uma das mais extensas e antigas áreas geologicamente estáveis no mundo. A região se estende de Roraima ao Planalto Central, conhecida como o Cráton Amazônico, é recoberta por sedimentos de idades variadas. Embora a Amazônia ser denominada como terras baixas, uma considerável parte dessa região associa-se a solos de boa drenagem, sendo influenciados por oscilações do nível do mar, as quais acompanharam as várias mudanças climáticas do Quaternário. Comparada à outras regiões brasileiras, a Amazônia recebe maiores e mais marcantes influências dos regimes hidrológicos e fluviais marinhos em seus solos (SCHAEFER et al., 2017).

A região Amazônica apresenta características químicas e mineralógicas dos solos surpreendentemente variadas e ditadas pela natureza, pelo seu material de origem e pelas variações climáticas. Ocorre duas ordens de paisagens inteiramente diferentes: as várzeas e as terras firmes. Os solos de terra firme caracterizam-se por apresentar elevados teores de alumínio ativo (Al<sup>3+</sup>) e elevada acidez (RODRIGUES et al., 1971; VIEIRA & SANTOS, 1987; FALCÃO & SILVA, 2004; FERREIRA et al., 2007), condições desfavoráveis ao bom desempenho das culturas agrícolas, ocasionando assim, perdas e baixo retorno econômico aos produtores rurais

da região. Nas várzeas há predominância de solos muito jovens, formados a partir de sedimentos do quaternário, tendo processo incipiente de pedogênese (SCHAEFER et al., 2017).

Segundo Brasil (1978), as principais classes de solos que compõe a região do Vale do Rio Madeira são: os Latossolos Amarelos ou Vermelho-Amarelos, os quais representam uma significativa área de 52,5% da região. Ocorrendo nesses solos fortes reações ácidas (altos teores de alumínio) causando fitotoxicidade) com o pH variando entre 3,5 e 5,5. Argissolos (Amarelos ou Vermelho-Amarelos), estes por sua vez possuem textura média/argilosa e apresentam boa profundidade, sua fertilidade natural é relativamente baixa, apresentando ainda, alta saturação por alumínio, Plintossolos, Neossolos, Gleissolos Espodossolos e Cambissolos (BRASIL, 1978).

Conforme estudos realizados por Silva et al. (2006), Silva Júnior et al. (2012), Moline & Coutinho (2015), Mantovanelli et al. (2015) sob condições de ambientes naturais, esses solos apresentam baixos valores de pH, altos valores de Al<sup>3+</sup> e acidez potencial e baixos teores de bases trocáveis, sendo essas condições características dos solos da região. Devido a esses fatores, as relações entre acidez ativa, trocável e potencial agem como indicadores para obtenção de uma maior compreensão dos complexos de reações existentes nestes ambientes de campos naturais, uma vez que, apresentam-se como um bom indicativo na avaliação da CTC efetiva e CTC potencial destes solos.

## **2.2 Campos naturais**

A combinação solo-vegetação parte da região Sul do Amazonas é coberta por campos não contínuos, ou seja, várias unidades isoladas entremeadas por florestas, refletindo as condições dos solos em cada ambiente fisiográfico (MARTINS et al., 2006). E que, quanto mais distintos são os ambientes geomórficos, mais importantes tornam-se os estudos da relação solo-paisagem, pois estes relacionam o padrão de distribuição espacial dos atributos do solo e suas relações de dependência com a disposição do relevo (CARRÉ & MCBRATNEY, 2005).

Segundo Freitas et al. (2006), esses campos formam alguns mosaicos com as florestas circundantes. A vegetação é tida como reflexo das condições topográficas e do solo, uma vez que há elevação na área, muda-se a fisionomia, dando lugar a um outro tipo de formação mais uniforme com presença de árvores menores constituindo assim, o “cerrado” (CAMPOS, 2009),

Grandiosas são as paisagens e a diversidade de solos da região Amazônica. Inclusas nessas paisagens, estão os chamados Campos Naturais de Humaitá, situados na região Sul do Estado do Amazonas, que compreendem as áreas dos campos de Puciari – Humaitá, incluindo diversas formações campestres abertas, onde pequenas árvores isoladas e florestas de galerias

ao longo dos igarapés se alternam (BRAUN & RAMOS, 1959). Conforme exposto por Freitas et al. (2002), os campos de Puciari formam mosaicos com as florestas circundantes de maneira súbita em determinados locais, mas em outras localidades essa mudança pode ocorrer de forma gradual.

De acordo com avaliações de Campos (2009), a vegetação é tida como reflexo das condições topográficas e do solo, uma vez que há elevação na área, muda-se a fisionomia, dando lugar a um outro tipo de formação mais uniforme com presença de árvores menores constituindo assim, o “cerrado”. Gradativamente esta formação transforma-se, obtendo um espaçamento maior entre as árvores propiciando o surgimento de vegetação rasteira que, com o passar do tempo dominará, formando assim os campos propriamente ditos (MARTINS et al., 2006).

### **2.3 Acidez do solo**

Sob condições naturais, os solos podem ser ácidos, segundo Sousa et al., (2007), em implicação do material de origem e intensidade com que os agentes de intemperismo agem, como o clima e os organismos. Regiões que apresentam altas taxas de precipitações pluviais tendem a ocorrer maior acidificação do solo, devido a retirada de cátions de caráter básico, como o Ca, Mg, K e Na, ocasionando assim o acúmulo de cátions de natureza ácida (Al e H). De acordo ainda com esses autores, os solos também podem ser acidificados em decorrência da presença de ácidos fracos presentes nos solos que doam prótons com baixa ionização, como ocorrem com os ácidos carboxílicos e grupos fenólicos e alcoólicos da matéria orgânica do solo.

Em várias partes do mundo e, inclusive no Brasil, a acidez do solo é um dos fatores limitantes da produtividade das culturas. Segundo Fageria (2001), os solos ácidos existem problemas de deficiência e/ou toxidez nutricional, baixa capacidade de retenção de água e baixa atividade dos microrganismos, sendo a calagem utilizada para a sua correção. Com a calagem, eleva-se o pH do solo, neutraliza-se o  $Al^{3+}$  tóxico e adiciona-se  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , proporcionando condições favoráveis ao crescimento do sistema radicular e absorção de água e nutrientes pelas plantas (DALLA NORA et al. 2013).

As características ácidas do solo estão relacionadas ao equilíbrio entre a solução do solo e a fase sólida. A acidez da solução é chamada de ativa, já a acidez potencial ou total é a acidez que se encontra na fase sólida, esta, apresenta valores milhares de vezes maiores (MOTTA & MELO, 2009).

As fontes e mecanismos de acidificação no solo são:

Remoção de bases: o processo de remoção de cátions de caráter básico no solo ocorre por meio da lixiviação, pela remoção de nutrientes por meio das culturas e por processos de

erosão, resultando em um aumento de formas trocáveis de  $H^+$  e de  $Al^+$  no complexo sortivo ( $CTC_{efetiva}$ ), ocasionando maiores concentrações desses íons na solução do solo (SOUSA et al., 2007).

Grupos Ácidos da Matéria Orgânica do solo: estes atuam com a ionização do H de ácidos carboxílicos, fenólicos e, principalmente, de álcoois terciários da matéria orgânica, contribuindo assim, para a acidez do solo. Todavia, sob condições de acúmulo de matéria orgânica e estágio final de mineralização, pode-se ocasionar um aumento de pH, devido a liberação de elétrons através da oxidação (McBRIDE, 1994);

Argilominerais Silicatados e não Silicatados: contribuem para a geração de acidez quando os grupos estruturais Si-OH e Al-OH são expostos na superfície dos minerais de argila silicatada, assim como os grupos Al-OH e Fe-OH nos oxihidróxidos de Fe (magnetita, hematita, goethita) e Al (gibbsita) (SOUSA et al., 2007);

Fertilizantes Minerais: através da oxidação do amônio, cuja a mesma também é responsável pela acidez gerada na aplicação de fertilizantes, como  $(NH_4)_2SO_4$  e  $NH_4NO_3$ , que vai aumentando, de acordo com as doses aplicadas (SOUSA et al., 2007).

A acidez do solo pode interferir na disponibilidade da maioria dos nutrientes e na atividade dos microrganismos do solo. Desse modo, para o conhecimento dos prejuízos oriundos da acidez dos solos devem-se considerar os efeitos diretos e indiretos da mesma, principalmente os decorrentes da acidez ativa (pH). Os solos que possuem altos teores de  $Al^{3+}$ , que são associados ou não à presença de  $Mn^{2+}$  em condições de elevada acidez, podem apresentar limitações ao bom crescimento e desenvolvimento radicular das plantas que serão cultivadas conseqüentemente (SOUSA et al., 2007).

Nos manuais de levantamento de solos da EMBRAPA são apresentados três componentes da acidez: Acidez Ativa ( $H^+$ ): é a atividade dos íons  $H^+$  em solução, medida pelo pH. Esse, varia com o decorrer do tempo e, essa variação pode sofrer influência da precipitação pluvial e manejo do solo e, principalmente pelas correções e adubações. Outro fator que está ligado a essa variação é a época de amostragem do solo e o método de preparo de amostras (SOUSA et al., 2007).

Acidez Trocável ( $Al^{3+}$ ): conforme ocorre em muitos solos, o teor de  $H^+$  trocável é muito baixo, deste modo considera-se o resultado da acidez trocável como sendo o valor de Al trocável ( $Al^{3+}$ ). Todavia, em solos muito ácidos ou com altos índices de matéria orgânica, o teor de  $H^+$  pode ser até maior que o de  $Al^{3+}$ . Dessa forma, solos com o mesmo pH em água podem apresentar diferentes quantidades de componentes da acidez (SOUSA et al., 1989).

Por sua vez, a acidez Potencial (H+Al): refere-se à quantidade de formas trocáveis e não trocáveis desses íons no solo. Há uma ampla variação nos valores de acidez potencial, as quais dependem principalmente de características do solo em relação ao seu poder tampão (SOUSA et al., 2007).

## **2.4 Calagem**

As recomendações de calagem e adubação são ferramentas básicas, na tomada de decisão e na determinação da quantidade de fertilizantes e corretivos necessários, para a obtenção da máxima performance das plantas (NOLLA & ANGHINONI, 2004).

A correção da acidez superficial e subsuperficial do solo faz-se necessária para favorecer maior eficiência de absorção de água e nutrientes pelas plantas, buscando deste modo, a obtenção de melhores resultados na produtividade das culturas (SOUSA & LOBATO, 2004),

A calagem quando bem aplicada, neutraliza o Al do solo e disponibiliza Ca e Mg como nutrientes para as plantas. Reduzindo a toxidez de alumínio e melhorando o ambiente radicular, aumentando assim, a eficiência na absorção de nutrientes e beneficiando o crescimento e rendimentos das culturas (FARINA et al., 2000; SINGHA, 2006; CAIRES et al., 2011).

A estimativa correta da quantidade de calcário a ser aplicada no solo, é importante para a consolidação de qualquer programa de uso de corretivos. O calcário no solo possui reação relativamente lenta, dependendo, basicamente, da disponibilidade de água deste sistema. Segundo Sousa et al. (2007) para que isso aconteça a quantidade de calcário ou corretivo a ser aplicada irá depender da textura do solo e do sistema estabelecido.

A calagem influencia no crescimento das culturas, já que reduz diretamente a toxidez de Al, que restringe o crescimento radícula (LEITE et al. 2006). Quando o pH se encontra na faixa adequada (6,0 e 6,5 pH em H<sub>2</sub>O) a fixação simbiótica do N<sub>2</sub> é mais eficiente e a fitotoxicidade do Al e Mn é nula (HEINRICHS et al., 2008).

## **2.5 Método pH SMP**

O pH SMP consiste em um método simples, rápido, de baixo custo e apresenta estreita relação com os níveis de fertilidade do solo nas Regiões que vem sendo empregado. O método SMP foi calibrado para os solos minerais do RS e SC e as tabelas foram elaboradas para recomendações de calcário para atingir pH, 5,5, 6,0 e 6,5 (DA SILVA et al., 2019). Todavia, para ser adotado como método para a recomendação de calagem em outros solos intemperizados deve ser previamente calibrado, pois, o emprego deste método deve ser precedido de uma regionalização edafológica, para obter curvas de calibração específicas (PAVAN et al., 1996; QUAGGIO & RAIJ 2001),

O método da estimativa do pH SMP baseia-se na medida do decréscimo do pH de uma solução-tampão de acetato de amônio 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0 em contato com uma amostra de solo, obedecendo a relação solo:solução 1:10 (BROWN,1943). Já Woodruff (1948) propôs o uso da solução de acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> e óxido de magnésio a pH 7,0. Como etapa incipiente, esse método foi desenvolvido para determinar a necessidade de calagem e ser amplamente difundido para a mesma, mas, com o passar do tempo o método SMP vem sendo cada vez mais empregado no Brasil para a avaliação da acidez potencial, em resultado de sua grande simplicidade analítica, uma vez que, alguns problemas são apresentados no processo de determinação acidez potencial (H+Al) em amostras de solos (SAMBATTI et al., 2003). Dentre esses, pode-se mencionar o custo operacional e a dificuldade na perfeita visualização do ponto de viragem da titulação do extrato de acetato de cálcio (NASCIMENTO, 2000).

Apesar desse método ser muito conhecido para as finalidades de recomendação de calagem e estimativa da acidez potencial, o seu uso está condicionado a calibrações próprias para diferentes regiões, dada a diversidade de solos com propriedades específicas e clima, que inviabiliza a generalização do seu uso sendo necessário sofrer modificações para adaptá-las às condições locais (SOUSA et al., 1989).

O pH determinado por meio da suspensão do solo com a solução-tampão SMP possibilita estabelecer quantidades de calcário a serem aplicadas, utilizando-se de curvas de neutralização ou tabelas, previamente estabelecidas para a obtenção de um determinado pH. Para cada nível de pH em água que se deseja alcançar, é necessário ser obtida, então, a relação entre o pH SMP e a necessidade de calagem (SOUSA et al., 2007). De acordo ainda com esses autores a calibração do método é feita correlacionando o pH SMP de uma determinada série de solos com a necessidade de calagem para conseqüentemente, elevar o pH, em geral, 6,0 ou 6,5 ou mesmo a 5,5, atendendo esta necessidade de calagem determinada por incubação com CaCO<sub>3</sub>. Uma vez que haja o valor do pH SMP do solo e esteja definido o pH que se deseja encontrar, por meio de tabelas determina-se a necessidade de calagem do solo.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Geral**

Determinar doses de calcário para neutralizar acidez do solo pelo método SMP para região do Sul do Amazonas.

#### **3.2 Específicos**

- Determinar dose de calcário por meio do método de incubação dos solos para elevar o pH em água para os níveis 5,5, 6,0 e 6,5;



- Calibrar o método SMP para a recomendação de calagem para elevar o pH dos solos de Humaitá/AM.

#### **4. MATERIAL E METÓDOS**

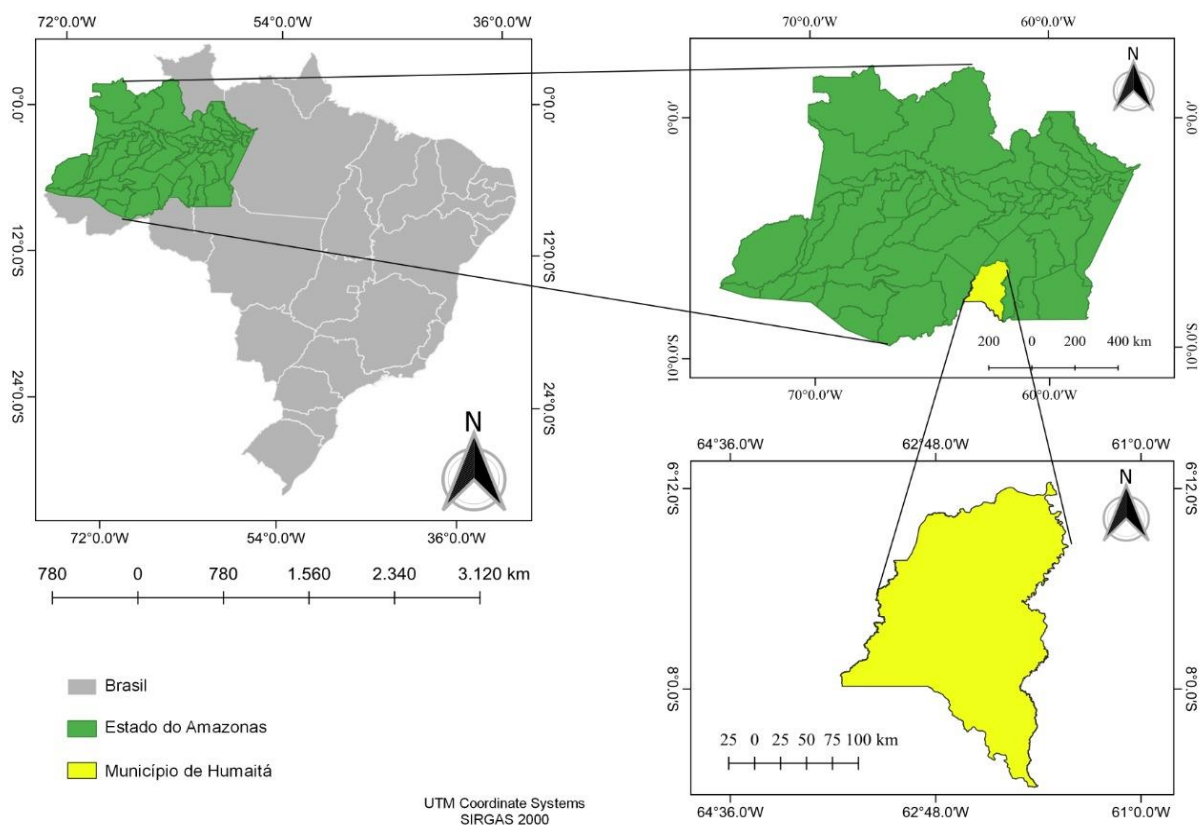
##### **4.1 Caracterização do meio físico**

O município de Humaitá localiza-se ao sul do Estado do Amazonas à margem esquerda do rio Madeira, afluente da margem direita do Rio Amazonas, distante cerca de 200 km da cidade de Porto Velho - Rondônia e, 675 km de Manaus pela Rodovia BR 319, estando situado na zona fisiográfica do Rio Madeira. Limita-se com os municípios de Manicoré ao norte e ao leste, Tapauá e Canutama a oeste e Estado de Rondônia ao sul. A sede do município tem como coordenadas geográficas de centro 70° 30' 22"S. e 63° 0' 01,15"W.

O clima da região é do tipo Am, segundo Köppen, isto porque a precipitação anual varia de 2250 a 2750 mm, com estação seca de pequena duração (mês de julho). A temperatura média anual varia de 24°C a 26°C, a umidade relativa do ar, bastante elevada, varia de 85 a 90% e a altitude média é de 90 metros acima do nível do mar (BRASIL, 1978).

Para a instalação do experimento de incubação dos solos com calcário, foram selecionados 8 solos oriundos de campos naturais do município de Humaitá-AM, sul do estado do Amazonas (Figura 1).

Para a coleta dos solos foram selecionadas uma área representativa do ambiente, após a seleção, todos os solos foram coletados na profundidade de 0 – 20 cm, com auxílio de uma trena para medidas das profundidades de coleta e de uma pá de corte para coleta do solo. Após a coleta os solos foram colocados em sacos de fibras e transportados até o galpão da UFAM, secados a sombra para posteriormente serem destorroados.



**Figura 1:** Localização da área de estudo

## 4.2. Métodos de correção da acidez

### 4.2.1. Método da curva de incubação

O experimento da curva de incubação foi conduzido na UFAM/IEAA, campus de Humaitá, onde os solos coletados foram destorroados e passados em peneiras com malhas de 4,0 mm de aberturas. Posteriormente, foram separadas amostras com 1 kg de solo seco ao ar e acondicionados em sacos plásticos com capacidade para 5 kg, sem poros de drenagem, totalizando 168 unidades experimentais.

Os solos foram colocados para incubação com doses correspondentes à 0,0; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário foram utilizados a mistura de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio, na relação Ca:Mg de 3:1. Dessa forma, seguiram-se com os tratamentos, resultantes de 8 tipos de solos sob 7 diferentes doses de calcário, as quais foram adicionadas ao solo seco. Cada unidade experimental constituiu-se por sacos plásticos, os quais foram distribuídos aleatoriamente em bancada, respeitando um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições das respectivas dosagens de calcário. Esses sacos

plásticos foram amarrados, mas permitindo a saída de CO<sub>2</sub> e, foram agitados de forma manual, por aproximadamente dois minutos.

A incubação ocorreu em ambiente aberto, e durante essa fase a umidade dos solos foi mantida em torno da sua capacidade de campo de 70%, através da pesagem semanal dos sacos plásticos e adição de água destilada quando a umidade dos mesmos diminuía. No processo de determinação da estabilidade do pH, foram coletados semanalmente 10 g de solos e analisados o pH em água na relação solo/solução de 1:2,5, em todas as amostras de solos com suas respectivas dosagens de calcário (EMBRAPA, 2017). Após os 80 dias do início da incubação, foi efetuada a última leitura do pH, no entanto, estes apresentaram uma pequena variação na estabilização, podendo se estabilizar em uma ou duas leituras.

#### **4.2.2 Calibração do método SMP para recomendação de calagem**

A calibração do método SMP (SHOEMAKER et al., 1961) como indicadora da recomendação de calagem dos solos estudados foi obtida graficamente, compreendendo as doses de calcário (t ha<sup>-1</sup>) estabelecidas pelas curvas de incubação, para elevar o pH em H<sub>2</sub>O aos valores 5,5; 6,0 e 6,5, com os valores de pH SMP dos solos. Com o ajuste dos dados, foram geradas equações para estimativa da necessidade de calcário pelo método SMP, assim, a partir dessas equações foi obtida a tabela da necessidade de calagem do pH SMP.

O método da estimativa do pH SMP baseia-se na adição da solução tampão após a leitura do pH do solo, com as etapas de agitação, repouso e posterior leitura (QUAGGIO et al., 1985), mas também, em alguns laboratórios adotam-se o pH em água (EMBRAPA, 1997) e outros em CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> (QUAGGIO & RAIJ, 2001), o que acarreta equações distintas para cada procedimento.

Os resultados de cada experimento foram submetidos a análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade. Na sequência, os resultados de pH em água foram plotados graficamente em relação as doses de calcário e ajustados a modelos de regressão polinomial. O modelo de regressão que apresentou o melhor ajuste, foi escolhido para estimar a quantidade de calcário necessário para atingir os valores de pH em água de 5,5, 6,0 e 6,5.

## **5 RESULTADO E DISCUSSÃO**

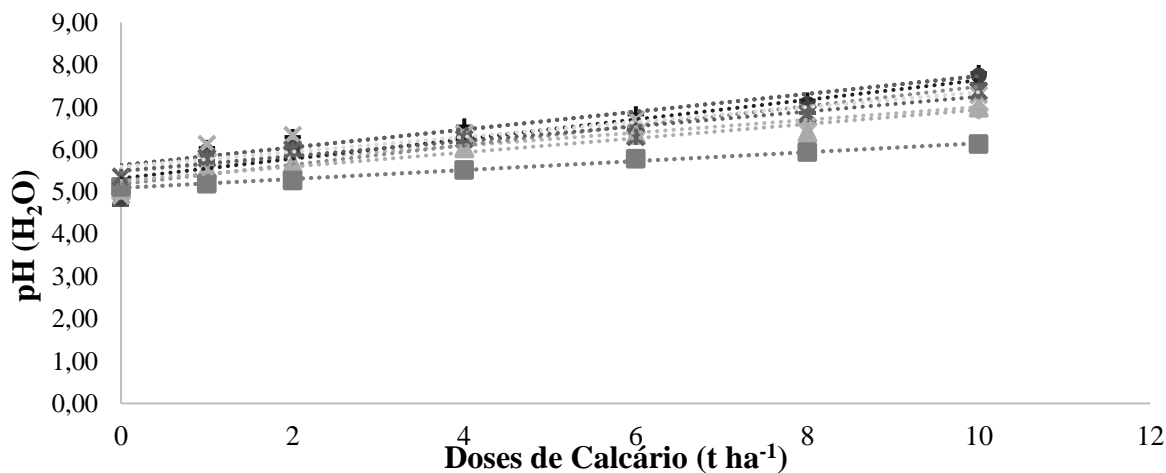
Em relação ao efeito entre solos de necessidade de calcário, verifica-se que os solos de Campo 7 (C7) e Campo 6 (C6) requer uma maior quantidade de calcário em relação aos demais para atingir determinado valor de pH, respectivamente. Devido serem solos com características mais argilosas. No entanto, a menor necessidade de calcário foi constatada no Campo 1 (C1), observado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Necessidade de calcário para atingir o pH 5,5; 6,0 e 6,5 nos solos estudados, após incubação por 80 dias.

Solos	Necessidade de Calagem para pH (H <sub>2</sub> O)		
	5,5	6,0	6,5
	----- Doses de Calcário t ha <sup>-1</sup> -----		
C1	0	1,76	4,13
C2	0,01	3,39	6,68
C3	1,39	3,56	5,73
C4	0,78	2,94	5,10
C5	0	2,30	5,15
C6	1,43	4,41	7,40
C7	3,87	8,61	13,36
C8	0,03	2,88	5,73

C1: Campo 1; C2: Campo 2; C3: Campo 4; C5: Campo 5; C6: Campo 6; C7: Campo 7; C8: Campo 8.

Conforme exposto por Batista (2014), quanto ao efeito dos níveis de calcário no comportamento do pH dos solos em estudo, observa-se que os valores de pH foram afetados de maneira positiva e de forma linear com o fornecimento de doses crescentes de calcário, independente da sua natureza química e física (Figura 2), ou seja, quanto mais se deseja alcançar um pH de 5,5 ou até mesmo acima deste valor, aumenta-se a adição de corretivos.



**Figura 2:** Valores de pH em água nos solos Campo 1 (+); Campo 2 (♦); Campo 3 (-); Campo 4 (●); Campo 5 (x); Campo 6 (▲); Campo 7 (■); Campo 8 (◆).

Apesar de haver semelhança de comportamento dos coeficientes angulares dos solos observados isoladamente (Figura 2), sugere-se que o comportamento do pH nesses solos em função da adição de corretivos, podem ser explicados por uma única equação (BATISTA, 2014).

A resposta linear do pH do solo em função da adição de doses de calcário, está relacionado à redução de atributos de caráter ácido do solo. Pois, com o aumento da disponibilidade dos ânions HCO<sup>3-</sup> e OH<sup>-</sup> originados da dissociação do calcário, ocorre à reação desses com os cátions ácidos (H<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup> e Mn<sup>2+</sup>) na solução do solo, neutralizando seus efeitos,

mesmo resultados encontrados por Batista (2014), em estudos com solos amazônicos, próximos à Manaus.

Comumente, para cada tonelada de calcário adicionada aos solos de C3 e C4, há uma variação de 0,23 unidades de pH (Tabela 2), estes apresentaram maiores variações. Enquanto para solo com menor variação, obteve no C7 com variação de 0,10 de unidade de pH para cada tonelada de calcário adicionada ao solo (Tabela 2).

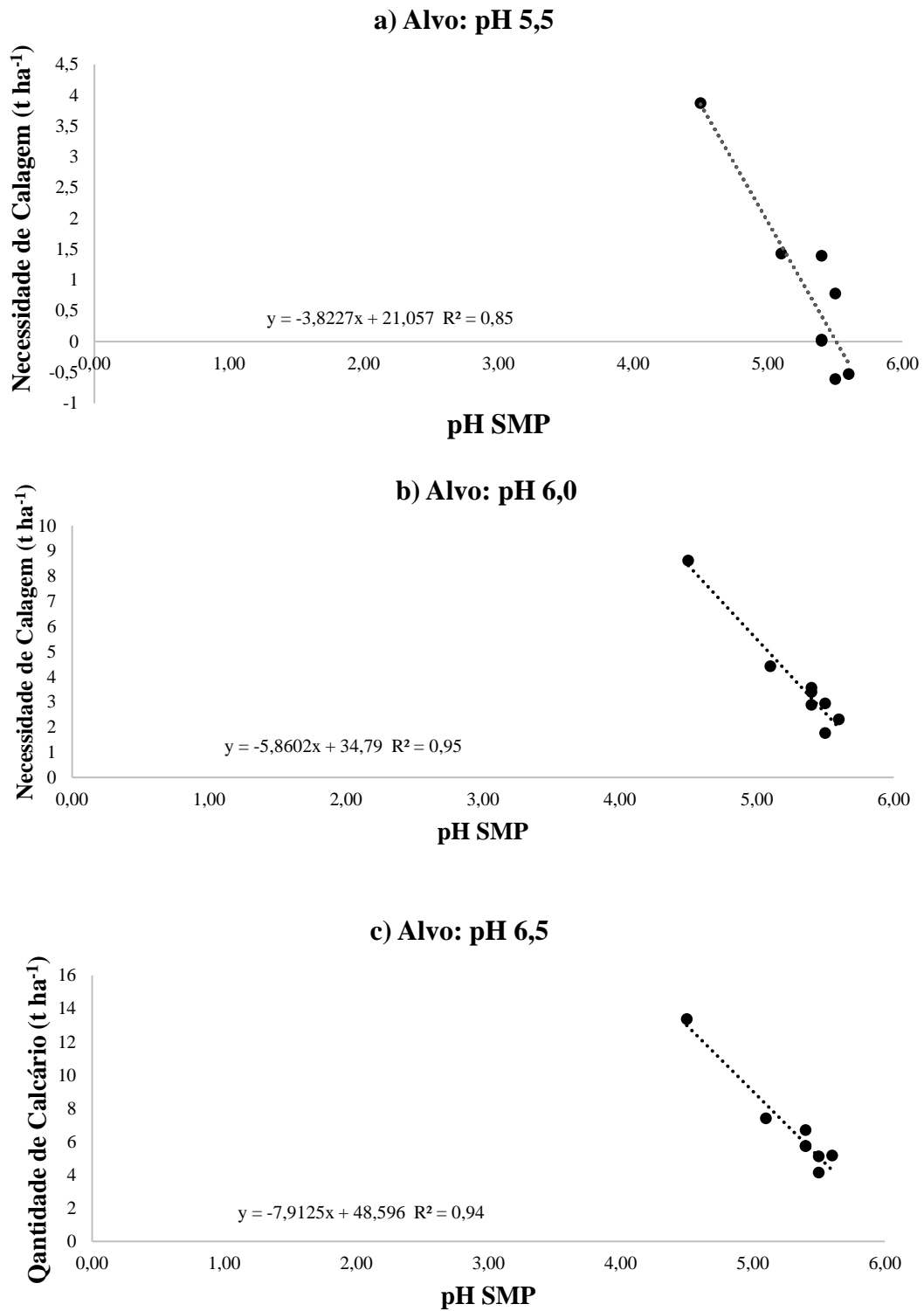
**Tabela 2.** Equação utilizada para encontrar a necessidade de calagem em pH em água nos solos em estudos, em função das doses crescentes de calcário.

Solo	pH (H <sub>2</sub> O)	
	----- Equação -----	R <sup>2</sup>
C1	$y = 0,2106x + 5,6292$	0,93**
C2	$y = 0,1519x + 5,4849$	0,82**
C3	$y = 0,2307x + 5,1789$	0,90**
C4	$y = 0,2319x + 5,3182$	0,89**
C5	$y = 0,1762x + 5,5932$	0,77**
C6	$y = 0,1677x + 5,2597$	0,95**
C7	$y = 0,1055x + 5,092$	0,99**
C8	$y = 0,1753x + 5,4952$	0,95**

\*\* Significativo a  $p < 0,05$ .

A relação positiva entre pH SMP dos solos e a exigência de calagem de todos os solos agrupados foi semelhante aos solos verificados individualmente, neste sentido, dados como estes foram encontrados em estudos realizados com solos de altitude de Santa Catarina (PEREIRA et al, 2020) e solo de Cidelândia – MA (DA SILVA et al., 2019).

Houve efeito significativo entre o pH SMP dos solos e a necessidade de calagem para obtenção do pH 5,5; 6,0 e 6,5 pela curva de incubação, com os dados ajustando-se a um modelo linear (Figura 3a, b e c), se comportando de forma que, quanto maior for o valor do pH SMP menor será a necessidade de calagem. Nesse sentido, optou-se por apresentar a equação para o pH alvo obtida de todos os solos agrupados, em virtude do comportamento da relação pH SMP e da necessidade de calagem estimada pela curva de incubação sugerir que os resultados podem ser explicados por uma única equação, conforme descrito por Batista (2014).



**Figura 3.** Relação entre a necessidade de calagem pelo método da incubação e o pH SMP, nos solos para valor de pH em água 5,5 (a), pH em água 6 (b) e pH em água 6,5 (c).

Os valores de pH SMP variaram de 6,2 a 4,0, gerando doses de calcário de 0,4 a 5,8; 0,2 a 11,3 e 0,3 a 16,9 t ha<sup>-1</sup> para alcançar pH em água de 5,5; 6,0 e 6,5, respectivamente (Tabela 3). Verifica-se pelo comportamento dos coeficientes angulares das diferentes equações, que para o aumento de cada unidade de pH SMP há uma variação de 0,4; 0,6 e 0,8 tonelada de calcário adicionada no solo, para alcançar pH em água de 5,5; 6,0 e 6,5, respectivamente (Tabela 3), diferentes de dados encontrado por Batista (2014), que encontrou somente uma única variação entre os pH alvos distintos. No geral, a aplicação do método SMP permitiu observar que são necessários em média 2,0; 5,0 e 8,3 t ha<sup>-1</sup> de calcário para que os solos alcancem o pH previsto (Tabela 2).

**Tabela 3.** Necessidade de calcário estimada pelo método tampão SMP para elevar o pH em água do solo à 5,5; 6,0 e 6,5, de campos nativos do município de Humaitá-AM.

pH SMP	pH (H <sub>2</sub> O)		
	5,5	6,0	6,5
	----- Necessidade de doses de calcário (t ha <sup>-1</sup> ) -----		
6,2	0	0	0
6,1	0	0	0,3
6	0	0	1,1
5,9	0	0,2	1,9
5,8	0	0,8	2,7
5,7	0	1,4	3,5
5,6	0	2,0	4,3
5,5	0	2,6	5,1
5,4	0,4	3,1	5,9
5,3	0,8	3,7	6,7
5,2	1,2	4,3	7,5
5,1	1,6	4,9	8,2
5	1,9	5,5	9,0
4,9	2,3	6,1	9,8
4,8	2,7	6,7	10,6
4,7	3,1	7,2	11,4
4,6	3,5	7,8	12,2
4,5	3,9	8,4	13,0
4,4	4,2	9,0	13,8
4,3	4,6	9,6	14,6
4,2	5,0	10,2	15,4
4,1	5,4	10,8	16,2
4	5,8	11,3	16,9

Doses para calcário com PRNT de 100%.

O método SMP demonstrou ser uma excelente alternativa para recomendar calagem visando corrigir o pH a determinados valores. O comportamento linear do pH SMP em função

da necessidade de calagem pela curva de incubação foi similar aos encontrados por Raij et al. (1979). Esta linearidade é devido à relação ao efeito do calcário quando adicionado ao solo úmido, o cálcio reage lentamente com o Al causando apenas uma mudança gradual no pH.

O critério SMP permite fazer a recomendação de calagem bastando ler o pH em uma suspensão, tornando-se um método simples e com alta acurácia.

Vale lembrar que a calagem além de corrigir a acidez do solo poderá também refletir outros efeitos, como por exemplo em estudos realizados por Natale (2007) que analisou a químicas do tecido vegetal, corroborando efeito significativo da calagem nos teores foliares de Ca, Mg, Mn e Zn. E com o aumento das doses de corretivo, houve elevação significativa do pH,  $H^+$ , Al,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , SB e redução significativa do  $H + Al$  havendo alterações significativas dos mesmos, em todas as camadas de solo analisadas.

## **6 CONCLUSÃO**

O método SMP é eficiente na determinação da necessidade de calcário para elevar o pH dos solos sob campos naturais da região sul do estado do Amazonas a valores de pH 5,5; 6,0 e 6,5. Vale ressaltar que, o estudo encontra-se em avaliação final, podendo haver pequenas variações nas leituras de pH, alterando as equações de estimativa das doses, que serão ajustadas e publicadas posteriormente. É importante o ajuste da equação de acordo com a região, em virtude das variações dos atributos químicos, físicos e mineralógicos dos solos.



## REFERÊNCIA

- ALVAREZ, V. V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 43-60, 1999.
- BATISTA, I. M. P. et al. **Recomendação de calagem para alguns solos do Estado do Amazonas**. 2014.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto **Radambrasil, folha SB. 20, Purus**. Rio de Janeiro. 561, 1978.
- BRAUN E.H.G., RAMOS J.R.A. Estudo agroecológico dos campos Puciarí-Humaitá (Estado do Amazonas e Território Federal de Rondônia). **Revista Brasileira de Geografia**, 21: 443-497, 1959.
- BROWN I.C. **A rapid method of determining exchangeable hydrogen and total exchangeable bases of soils**. Soil Science, 56: 353-357, 1943.
- CAIRES, E. F., GARBUIO F. J., CHURKA, S., JORIS, H.A.W. Use of gypsum for crop grain production under a subtropical no-till cropping system. **Agronomy Journal, Madison**, 103: 1804-1814, 2011.
- CAMPANHARO, M., LIRA JUNIOR, M. DE A., NASCIMENTO, C.W.A. DO, FREIRE, F.J., COSTA, J.V.T. DA. Avaliação de métodos de necessidade de calagem no Brasil. **Revista Caatinga**. 20(1):97-105, 2007.
- CAMPOS M.C.C. **Pedogeomorfologia aplicada a ambientes amazônicos do Médio Rio Madeira**. 242. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.
- CARRÉ, F.; MCBRATNEY, A. B. Digital terrain mapping. **Geoderma**. 128:340–353, 2005.
- DA SIVA, J. N. et al. CALIBRAÇÃO DO MÉTODO SMP PARA O SOLO DE CIDELÂNDIA-MA. **71ª Reunião Anual da SBPC - UFMS - Campo Grande / MS**, 21 a 27 de julho de 2019.
- DALLA NORA D.D. AMADO T.J.C., GIRARDELLO V.C., MERTINS C. Gesso: alternativa para redistribuir verticalmente nutrientes no perfil do solo sob sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto, Passo Fundo**, 133: 8-20, 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE). **Estudo de viabilidade agrícola de cerrados do Amazonas**. Brasília, DF, 91 (EMBRAPA/BNDES. Relatório técnico), 1997.
- FAGERIA, N.K. **Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de Cerrado**. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, 36: 1419-1424, 2001.
- FALCÃO N.P. S., SILVA J.R.A. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. **Acta Amazonica**. 34: 337-342, 2004.
- FARINA M. P.W., CHANNON P., THIBAUD G.R. Comparison of strategies for ameliorating Subsoil acidity: II. Long-term soil effects. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, 64: 652-658, 2000.

FAZIO, P.I. **Seleção e avaliação de métodos para estimar a necessidade de calcário em solos brasileiros**. 99p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1979.

FERREIRA G.B., MATTIONI J.A.M., SMIDERLE O.J., UCHÔA S.C.P., MELO V.F. **Recomendação de calagem pelo método do pH SMP para o Cerrado de Roraima**. Embrapa Roraima: Comunicado Técnico, 07, 2007.

FERREIRA S.J.F., LUIZÃO F.J., MIRANDA S.A.F., SILVA M.S.R., VITAL A.R.T., Nutrientes na solução do solo em floresta de terra firme na Amazônia central submetida à extração seletiva de madeira. **Revista Acta Amazônica**, 36: 59-68, 2006.

FREITAS H.A., PESSEDA L.C.R, ARAVENA R., GOUVEIA S.E.M., RIBEIRO A.S., BOULET R. Florestas X Savanas no passado na Amazônia. **Ciência Hoje**, 32: 40-46, 2022.

FREITAS, H.A.; PESSEDA, L.C.R; ARAVENA, R.; GOUVEIA, S.E.M.; RIBEIRO, A.S.; BOULET, R. Florestas X Savanas no passado na Amazônia. **Ciência Hoje**. 32:40-46, 2006.

FULLIN, E.A., **Acidez do solo e calagem**. In: DADALTO, G.G., FULLIN, E.A. Manual de necessidade de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo. Vitória: SEEA/INCAPER. p.70-98, 2001.

HEINRICH, R.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M.; MALAVOLTA, E. Atributos químicos do solo e produção do feijoeiro com a aplicação de calcário e manganês. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1157-1164, 2008.

KAMINSKI, J. **Fatores de acidez e necessidade de calcário em solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1974.

LEITE, G. H. M. N.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; COGO, N. P. Atributos químicos e perfil de enraizamento de milho influenciados pela calagem em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n. 4, p. 685-693, 2006.

LOPES, A. S.; M. DE C. SILVA & L. R. G. GUILHERME., **Acidez do solo e calagem**. 3ª ed. São Paulo, ANDA. 22 p. (Boletim Técnico, 1), 1990.

MANOJ-KUMAR. **North East India: soil and water management imperatives for food security in a changing climate**. Curr Science. 101: 1119, 2011.

MANTOVANELLI B.C., SILVA D.A.P., CAMPOS M.C.C., GOMES R.P., SOARES M.D.R., SANTOS L.A.C. Avaliação dos atributos do solo sob diferentes usos na região de Humaitá, Amazonas. **Revista de Ciências Agrárias**, 58: 122-130, 2015.

MARQUES J.J., TEIXEIRA W.G., SCHULZE D.G., CURTI N. **Mineralogy of soils with unusually high exchangeable Al from the western Amazon Region**. Clay Minerals, 37: 651-661, 2002.

MARTINS G. C., FERREIRA M. M., CURTI N., VITORINO A. C. T., SILVA M. L. N. Campos nativos e matas adjacentes da região de Humaitá (AM): atributos diferenciais dos solos. **Ciência e Agrotecnologia**, 30: 221-227, 2006.

MCBRIDE M. B. **Environmental chemistry of soils**. Oxford, Oxford Press University, 406, 1994.

MESFIN, A. **Nature and Management of Acid Soil Analysis**, Part 1: Physical and Mineralogical Methods, 2<sup>nd</sup> edition, 2007.

MOLINE E.F.V., COUTINHO, E.L.M. Atributos químicos de solos da Amazônia Ocidental após sucessão da mata nativa em áreas de cultivo. **Revista de Ciências Agrárias**, 58: 14-20, 2015.

MOTTA A.C.V., MELO V.F. **Química dos solos ácidos**. In: Melo V.F., Alleoni R.F. eds. Química e Mineralogia do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, 313-380, 2009.

NASCIMENTO, C.W.A. Acidez potencial estimada pelo pH SMP em solos do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, 24: 679-682, 2000.

NATALE, W. et al. Efeitos da calagem na fertilidade do solo e na nutrição e produtividade da goiabeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1475-1485, 2007.

NOLLA, A; ANGHINONI, I. Métodos utilizados para a correção da acidez do solo no Brasil. **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 6, n. 1, p. 97-111, 2004.

OSAKADA A. **Desenvolvimento inicial de sangue-dedragão (croton lechleri müll. arg.) sob diferentes classes de solos, corretivos e níveis de luminosidade na Amazônia central (dissertação)**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2009.

PAVAN, M.A.; OLIVEIRA, E.L. & MIYAZAWA, M. **Determinação indireta da acidez extraível do solo (H + Al) por potenciométrica com a solução-tampão SMP**. Arq. Biol. Tecnol., 39:307-312, 1996.

PAVAN, M.A.; OLIVEIRA, E.L.; MIYAZAWA, M. **Determinação indireta da acidez extraível do solo (H + Al) por potenciometria com a solução-tampão SMP**. Arq. Biol. Tecnol., 39:307-312, 1996.

PEREIRA, M. G. et al. Estimativa da acidez potencial através do método do pH SMP em solos de altitude de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 33, n. 1, p. 50-55, 2020.

QUAGGIO J.A., RAIJ B.V, MALAVOLTA E. Alternative use of the SMP – buffer solution to determine lime of soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 16: 245-260, 1985.

QUAGGIO J.A., RAIJ B.V. **Determinação do pH em cloreto de cálcio e da acidez total**. In: RAIJ B.V., ANDRADE J.C., CANTARELLA H., QUAGGIO J.A. (Ed.). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônômico, 181-188, 2001.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2000.

QUAGGIO, J. A. **Crítérios para calagem em solos no estado de São Paulo**. Piracicaba. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP, 1983.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. V. **Determinação do pH em cloreto de cálcio e da acidez total.** In: RAIJ, B. V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A., eds. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.* Campinas, Instituto Agronômico. 285p., 2001.

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A. Methods used for diagnosis and correction of soil acidity in Brazil: na overview. In: MONIZ, A. C.; FURLANI, A. M. C.; SCHAFFERT, R. E. et al. *Plant soil interactions at low pH: sustainable agriculture and forestry production.* **Brasilian Soil Science Society**, p. 205-214, Campinas, 1997.

RAIJ, B.V., CANTARELLA, H., ZULLO, M.A.T. **O método tampão SMP para determinação da necessidade de calagem de solos do Estado de São Paulo.** *Bragantia*, 38(7):57-69, 1979.

RAIJ, B.V.; QUAGGIO, S. Uso eficiente de calcário e gesso na agricultura. In: Simposio sobre fertilizante na agricultura Brasileira, Brasília, **Anais...**, Embrapa/Potafos. 323-46p, 1984.

RODRIGUES T.E., MORIKAWA I.K., REIS R.S., FALESI E.I.C. Solos do distrito agropecuário da Suframa. (trecho: km 30-79, rodovia BR 174). **Instituto de pesquisas e experimentação agropecuária da Amazônia ocidental.** Manaus-Amazonas. IPEAAOc. Serie solos, 1: 1-99, 1971.

RODRIGUES T.E., MORIKAWA I.K., REIS R.S., FALESI E.I.C. Solos do distrito agropecuário da Suframa. (trecho: km 30-79, rodovia BR 174). **Instituto de pesquisas e experimentação agropecuária da Amazônia ocidental.** Manaus-Amazonas. IPEAAOc. Serie solos, 1: 1-99, 1971.

SÁ, J. C. de M. **Manejo da Fertilidade do solo no plantio direto.** Castro: Fundação ABC, 1993.

SAMBATTI J.A., SOUZA JUNIOR I.G., COSTA A.C.S., TORMENA C.A. Estimativa da acidez potencial pelo método do pH SMP em solos em formação Caiuá – Noroeste do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:257-264, 2003.

SCHAEFER C.E.G.R., LIMA H.N., TEIXEIRA W.G., VALE JUNIOR J.F., SOUZA K.W.; CORREIA G.R., MENDONCA, B.A.F., AMARAL E.F., CAMPOS M.C.C., RUIVO M.L.P. **Solos da Região Amazônica.** In: CURI N., KER J.C., NOVAIS R.F., VIDAL-TORRADO P., SCHAEFER C.E.G.R. (Org.). *Pedologia: Solos dos Biomas Brasileiros.* 1ed.Viçosa: SBCS, 1: 1-597, 2017.

SHOEMAKER, H.E., MCLEAN, E.O. and PRATT, P.F., Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 25:274-277, 1961.

SILVA G.R., SILVA JÚNIOR M.L.; MELO, V.S. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um latossolo amarelo do Estado do Pará. **Acta Amazônica**, 36: 151-158, 2006.

SILVA JUNIOR C.A., BOECHAT C. L., CARVALHO L. A. Atributos químicos do solo sob conversão de floresta amazônica para diferentes sistemas na região norte do Pará, Brasil. **Bioscience Journal**, 28: 566-572, 2012.

SINGHA D.D. Effect of liming on the sugarcane (*Saccharum officinarum*) yield, juice quality and available soil nutrients in acid soil. **Indian Journal of Agricultural Sciences**. 76: 203-4, 2006.

SOUSA D.M.G., LOBATO E. **Correção da acidez do solo**. In: Sousa D.M.G., Lobato E., eds. Cerrado: Correção do solo e adubação. 2.ed. Planaltina, Embrapa Cerrados, 81-96, 2004.

SOUSA D.M.G., MIRANDA L.N., LOBATO, E., CASTRO, L.H.R. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 13:193- 198, 1989.

SOUSA D.M.G., MIRANDA L.N., OLIVEIRA S.A. **Acidez do solo e sua correção**. In: Novais R. F., Alvarez V.V.H., Barros N.F., Fontes R.L.F., Cantarutti R.B.; Neves J.C.L. eds. Fertilidade do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, 205-274, 2007.

SOUSA, D.M.G. DE, MIRANDA, L.N. DE, LOBATO, E., KLIEMAN, H.J. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 13: 193-198, 1989.

TEIXEIRA, P. C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A, TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. Editores Técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017.

VASCONCELLOS, C.A., SANTANA, D.P., FERREIRA, L. **Métodos de determinação da necessidade de calagem e características físico-químicas de alguns solos de Minas Gerais**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 29(8): 1253-1263, 1994.

VIEIRA L.S., SANTOS P.C.T.C. **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres. 416, 1987.

WIETHÖLTER, S. **Calagem no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2000.

WIETHÖLTER, S. **Revisão das recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. IN: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO 4, Resumos. CD-ROM, UFRGS, Porto Alegre, 2002.

WOODRUFF C.M. Testing soils for lime requirement by means of buffered solution and glass electrode. **Soil Science**, 66:53-63, 1948.