

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

SABRINA SOARES BARBOSA

Composição e Efeito do Lithothamnium como Corretivo de solo

Uberlândia

2024

SABRINA SOARES BARBOSA

Composição e Efeito do Lithothamnium como Corretivo de solo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Agronomia

Orientador: Wedisson Oliveira Santos

Uberlândia

2024

SABRINA SOARES BARBOSA

Composição e Efeito do Lithothamnium como Corretivo de solo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Agronomia

Uberlândia, 2 de maio de 2024.

Banca Examinadora:

Wedisson Oliveira Santos – Orientador (UFU)

Polliana Silva Franco Ferreira – (UFU)

Rafael Resende Finzi – (UFU)

Dedico este trabalho primeiramente ao meu finado pai, que sonhou junto comigo esse sonho, e que se hoje aqui estivesse estaria orgulhoso por termos conquistado tanto. Dedico também a minha mãe, que foi uma fonte de força e motivação. Dedico ao meu esposo, por ter sido apoio financeiro, e por ter acreditado em mim quando nem eu mesma acreditei. Dedico aos meus filhos, que juntos comigo viveram sacrifícios para que eu pudesse conquistar esse mérito, e por fim, e não menos importante, dedico a minha irmã que foi rede de apoio, e a outros familiares que também foram essenciais no suporte e apoio para meus estudos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me abençoado e me dado forças durante toda minha vida acadêmica. Agradeço aos meus pais, que sempre me mostraram que eu poderia ir muito mais longe do que imaginava. Agradeço ao meu esposo e meus filhos, porque foram minha base, minha inspiração para conquistar meu sonho. Agradeço ao professor e amigo Wedisson Santos, que com sua paciência e enorme conhecimento me conduziu e orientou nesta caminhada acadêmica, me ajudando no desenvolvimento dos meus estudos.

“Não é a força, mas a constância dos bons resultados que conduz os homens à felicidade.”

(NIETZSCHE, F)

RESUMO

A acidez do solo pode limitar o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente a obtenção de elevadas produtividades. O calcário tem sido o corretivo de acidez do solo mais utilizado mundialmente, expressando elevada relação benefício/custo. A substituição do calcário por outros corretivos justifica-se quando há ganhos comparativos, como o suprimento com outros nutrientes, além do Ca e Mg. Nesse sentido, o Lithothamnium é um produto derivado de algas calcárias, composto majoritariamente por carbonato de cálcio, entretanto, produtos à base desse material têm sido recomendados como condicionadores de solo, com possíveis efeitos no aumento da disponibilização de nutrientes no solo. Assim, foi objetivo do trabalho avaliar o Lithothamnium, em termos de composição, reatividade no solo como corretivo e como condicionador químico. A reatividade do Lithothamnium foi avaliada por meio da medição do pH de solos com texturas contrastantes (argiloso e arenoso) incubados com diferentes corretivos, incluindo o Lithothamnium, em diferentes tempos de incubação (0, 15, 21 d). O material também foi caracterizado quando a capacidade de neutralização de acidez, por meio de reação ácido-base com HCl, seguindo de titulação com NaOH. A composição mineralógica foi determinada por Difractometria de raios X (DRX). Já a composição química para alguns elementos foi determinada por meio de energia dispersiva de raios X (EDX) acoplada a microscopia eletrônica de varredura (MEV), EDX-ME. O Lithothamnium possui poder neutralizante e reatividade próximos ao CaCO_3 P.A, devido a sua composição mineralógica predominante ser a base de calcita e estar finamente moído. Não há evidências de qualquer efeito do Lithothamnium como condicionador de solo, além do efeito corretivo de acidez e fonte de Ca, Mg.

Palavras-chave: Caracterização. Correção de Acidez. Poder Neutralizante. Mineralogia.

ABSTRACT

Soil acidity is a major limitation on plant development and increased productivity. It is known that managing soil acidity increases crop performance, making it possible to extract a large part of its productive potential. Limestone has been the most used soil acidity corrector worldwide, expressing a high benefit/cost ratio. Replacing limestone with other correctives is justified when there are financial or nutritional gains, such as an increase in other nutrients, in addition to Ca and Mg. In this sense, Lithothamnium is a product derived from calcareous algae, mainly composed of calcium carbonate, however, products based on this material have been recommended as soil conditioners, with possible effects on increasing the availability of nutrients in the soil. Thus, the objective of the work was to evaluate Lithothamnium, in terms of composition, reactivity in the soil as a corrective and as a chemical conditioner. The reactivity of Lithothamnium was evaluated by measuring the pH of soils with contrasting textures (clayey and sandy) incubated with different amendments, including Lithothamnium, at different incubation times (0, 15, 21 days). The material was also characterized for its ability to neutralize acidity, through an acid-base reaction with HCl, followed by titration with NaOH. The mineralogical composition was determined by X-ray diffraction (XRD). The chemical composition for some elements was determined using energy dispersive X-rays (EDX) coupled to scanning electron microscopy (SEM), EDX-ME. Lithothamnium has neutralizing power and reactivity close to CaCO₃ P.A, due to its predominant mineralogical composition being based on calcite and being finely ground. There is no evidence of any effect of Lithothamnium as a soil conditioner, beyond the corrective effect of acidity and source of Ca, Mg.

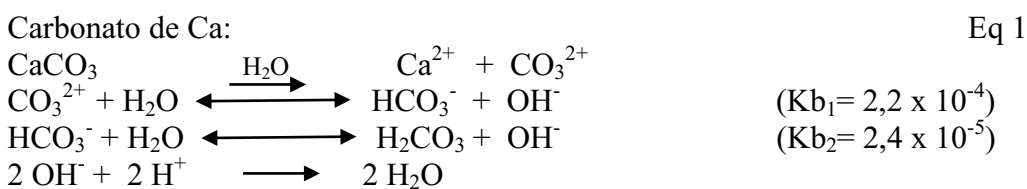
Keywords: Lithothamnium. Description. Acidity Correction. Neutralizing Power. Mineralogy.

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 | MATERIAL E MÉTODOS | 14 |
| 2.1 | DETERMINAÇÃO DO PODER NEUTRALIZANTE | 15 |
| 2.2 | CURVA DE INCUBAÇÃO..... | 16 |
| 2.3 | CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA | 17 |
| 2.4 | CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, ESTRUTURAL E QUÍMICA POR MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA..... | 18 |
| 2.5 | AVALIAÇÃO DO PODER CONDICIONANTE DO LITHOTHAMNIUM..... | 19 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 20 |
| 4 | CONCLUSÕES | 27 |
| | REFERÊNCIAS | 28 |

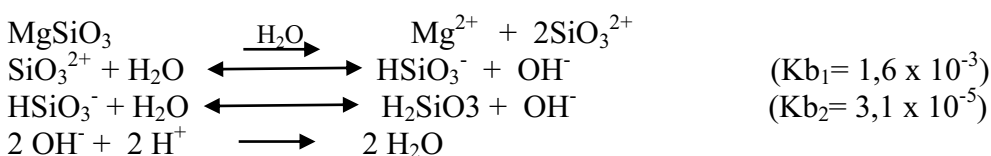
1. INTRODUÇÃO

Para o cultivo agrícola ou florestal em regiões tropicais, especialmente, em solos com elevado grau de intemperismo é necessário superar limitações químicas, como a baixa disponibilidade de nutrientes e a elevada acidez. Para corrigir a acidez do solo e fornecer Ca e Mg utilizam-se calcários, escórias silicatadas ou oxidróxidos de Ca e Mg como corretivos. De fato, conforme descrito nas equações 1 e 2, a dissolução desses compostos (carbonatos, silicatos, óxidos ou hidróxidos) promove a geração de hidroxilas, que reagem com a acidez ativa (Intensidade) da solução do solo (equação 3). Assim, o fator quantidade de acidez (Q), restituindo I, é parcialmente consumido na reação de neutralização. Com a neutralização da acidez ativa e elevação do pH ocorre a precipitação do Al^{3+} , principal componente da acidez trocável do solo (equação 4).



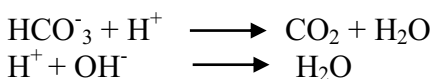
Eq 2

Silicato de Magnésio:



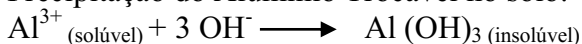
Eq 3

Neutralização de ácidos no solo:



Eq 4

Precipitação do Alumínio Trocável no solo:



Apesar da diversidade de corretivos, os calcários agrícolas, devido à abundância de reservas no país e preço competitivo, são utilizados em maior quantidade para tal propósito. Entretanto, nos últimos anos materiais como o Lithothamnium, cuja composição química é compatível como corretivos, vem ganhando mercado como condicionador químico, físico e biológico do solo (DIAS, 2000).

A espécie *Lithothamnion calcareum* trata-se de uma alga vermelha, da ordem Corallinales e família Hapalidiaceae (GUIRY, MD e GUIRY, 2021), utilizada na Europa e Ásia para diversas finalidades, como uso medicinal, suplementação alimentar, entre outras, sendo encontrada em grande parte dos oceanos, inclusive na costa brasileira, onde ocorrem uma das maiores reservas mundiais (MARTINS et al., 2013).

O uso agrícola do Lithothamnium é compatível como corretivo de solo (SÁ, 2014; MELO & FURTINI NETO, 2003), já que é composto basicamente por carbonatos de Ca e Mg (SOARES, 2009). A presença de outros nutrientes como Fe, B, K, Mn, Zn, Mo, Si e P e de compostos orgânicos tem estimulado pesquisas para se verificar efeitos adicionais do Lithothamnium no solo.

A possibilidade de novas fontes alternativas de corretivos de acidez traz consigo a necessidade de estudos para constatar a eficiência de seu uso. Por ser o Lithothamnium, um produto pouco conhecido no mercado agrícola, justifica-se a caracterização química e mineralógica, no sentido de ampliar o conhecimento acerca de sua eficiência, e direcionar o uso de forma eficiente.

O objetivo deste trabalho foi a caracterização química e mineralógica do Lithothamnium e avaliar seu potencial como corretivo de acidez e como condicionador químico do solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido nas dependências do laboratório de análise de solo, tecidos vegetais e fertilizantes (SAFRAR). Para tanto, coletaram-se amostras superficiais representativas (0-20 cm) de dois solos, de textura contrastante (arenoso e argiloso) no município de Uberlândia, Minas Gerais (Tabela 1). Posteriormente, as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm para caracterização química (Tabela 2) e ensaio de incubação.

Tabela 1. Localização dos pontos de coleta de amostras de solos (0-20 cm) no município de Uberlândia-MG

| Solo | Coordenadas Geográficas |
|----------|---------------------------|
| Argiloso | 18°54'32.9"S 47°52'56.4"W |
| Arenoso | 19°09'04.6"S 48°10'00.6"W |

Tabela 2. Características químicas e físicas de amostras de solos coletados na camada 0– 20 cm no município de Uberlândia-MG

| 1.1.1 | S | pH água | P-Mehlich 1 | K | Ca | Mg | Al ³⁺ | H +Al | SB | t | T | V | M | MO |
|----------|-----|---------|---------------------------|------|-----|------|---|-------|-----|-----|-----|-------------|----|----------------------|
| olo | | | ---mg/dm ³ --- | | | | -----cmol _c /dm ³ ----- | | | | | -----%----- | | dag kg ⁻¹ |
| Argiloso | 5,0 | | 1,1 | 25,1 | 0,5 | 0,17 | 0,5 | 3,6 | 0,8 | 1,3 | 4,3 | 18 | 40 | 2,3 |
| Arenoso | 5,2 | | 1,1 | 25,1 | 0,6 | 0,18 | 0,3 | 3,9 | 0,8 | 1,1 | 4,7 | 17 | 26 | 2,0 |

pH em água, relação 1/2,5
 Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ (Extrator KCl 1,0 mol/L)
 SB= soma de bases trocáveis (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e Na²⁺)
 T= capacidade de troca catiônica a pH 7,0
 m= saturação de Al³⁺ na CTC efetiva (m= 100 Al/t)

P, K- Extrator Mehlich-1
 H+Al (acidez potencial)
 t= capacidade de troca catiônica efetiva (t=SB+Al³⁺)
 V= saturação por bases na CTC potencial (V= 100 SB/T)
 MO (Matéria Orgânica) - Método Colorimétrico

2.1 DETERMINAÇÃO DO PODER NEUTRALIZANTE

Com o objetivo de conhecer a capacidade do Lithothamnium neutralizar a acidez, determinou-se o poder neutralizante (PN) conforme metodologia do MAPA (2007). Para efeito comparativo, incluiu-se amostra de calcário agrícola comercial e de carbonato de cálcio P.A.

O PN dos corretivos foi determinado dissolvendo-se uma massa específica do corretivo em HCl. O excesso de ácido foi quantificado por titulometria ácido-base, utilizando-se solução de NaOH como titulante. Considera-se o CaCO₃ P.A como padrão- PN= 100%.

A marcha analítica deu-se nas seguintes etapas: após a secagem dos materiais em forno tipo mufla à 105 °C durante 1 h, transferiu-se 1,00 g dos corretivos para frascos tipo béquer, onde adicionaram-se 50 mL da solução de HCl 1 mol/L e levou a chapa aquecedora deixando ferver por 5 min. Posteriormente, o extrato já em temperatura ambiente, foi transferido e avolumado para balão de 100 mL. Uma alíquota de 50 mL do extrato foi pipetada e transferida para frascos Erlenmeyer, onde foram adicionadas duas gotas do indicador fenolftaleína e titulado com solução de NaOH 0,25 mol L⁻¹, até a viragem colorimétrica (Figura 1).



Figura 1. Detalhe do preparo (a), dissolução em HCl (b) e determinação do poder de neutralização de acidez (c) de amostras de Lithothanium.

O volume gasto da solução de NaOH na titulação foi utilizado para o cálculo do poder de neutralização dos três produtos em equivalente CaCO_3 , seguindo a Equação 5:

$$PN = 10 [(25M_1) / (VbM_2) G] \quad \text{Eq. 5}$$

onde:

M_1 : concentração da solução de HCl, em mol L^{-1}

Vb: volume da solução de NaOH gasto na titulação, em mL;

M_2 : concentração da solução de NaOH, em mol L^{-1} ;

G: massa inicial da amostra, em g.

2.2 CURVA DE INCUBAÇÃO

Objetivando-se avaliar a reatividade do Lithothanium, amostras de solos com texturas contrastantes (argiloso e arenoso) foram incubadas com o corretivo (Tabela 3). Para efeito de comparação, incluíram-se na incubação amostras de calcário comercial e de CaCO_3 P.A. As doses foram calculadas a partir da acidez potencial dos solos.

Tabela 3. Doses de corretivos determinadas em função da acidez potencial do solo

| Solo | CaCO_3 P.A. | Calcário | Lithothamnium |
|----------|----------------------|----------|---------------|
| | -----g/500g----- | | |
| Argiloso | 0,9675 | 0,9713 | 0,9801 |
| Arenoso | 0,8900 | 0,8935 | 0,9015 |

Em 500 g de solo foram misturados os corretivos conforme respectivos tratamentos e homogeneizadas. As amostras foram incubadas e umedecidas a 80% da capacidade de retenção de água dos solos, sendo revolvidas periodicamente, quando os frascos foram abertos para eliminação do CO_2 formado na reação de neutralização (Figura 2). A avaliação do pH foi feita semanalmente, até a estabilização dos valores.

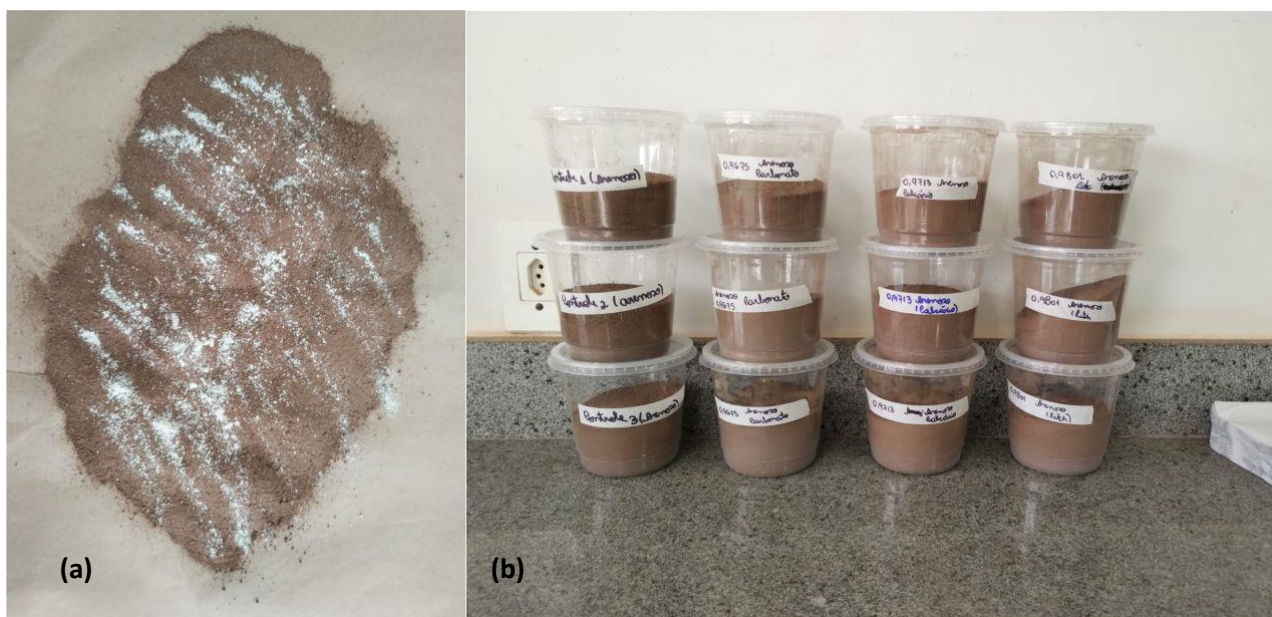


Figura 2. (a) Detalhe da distribuição e homogeneização do Lithothanium, calcário comercial e CaCO_3 em 500 g de solo, (b). Frascos de polipropileno usados para acondicionar as amostras durante incubação.

2.3 CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA

A análise mineralógica foi realizada por Difractometria de Raios X (DRX). Para tanto, as amostras foram moídas até um tamanho de partícula $< 0,15$ mm e montadas em lâmina escavada. A análise foi realizada em difratômetro PHNalytical modelo X' PertPRO, utilizando radiação $\text{CuK}\alpha$ (1,5408 nm) com varredura de amostra na faixa de 4 a 80 graus 2θ , com intervalos de 0,02 graus 2θ a 1 passo. $\cdot\text{s}^{-1}$, com tensão de 40 kV e corrente de 30 mA.

Para a identificação dos minerais a partir da dimensão “d” entre os planos atômicos, utilizou-se a fórmula de Bragg ($n\lambda = 2d \sin \theta$) e o banco de dados da American Mineralogist Crystal Structure Database (<https://rruff.geo.arizona.edu/AMS/amcsd.php>).

A análise DRX permite identificar os minerais presentes na amostra por meio da identificação de dimensões “d” para diferentes Índices de Miller (notações cristalográficas para definir famílias de planos em uma rede de Bravais). Um feixe de radiação incide na amostra a um determinado comprimento de onda gerando um espalhamento de fótons que são capturados pelos detectores (Figura 3). Devido ao padrão organização e arranjo atômico no espaço, e a variação na angulação da leitura no aparelho, capturam-se sinais (feixes congruentes de radiação difratada) à diferentes ângulos de difração da amostra.

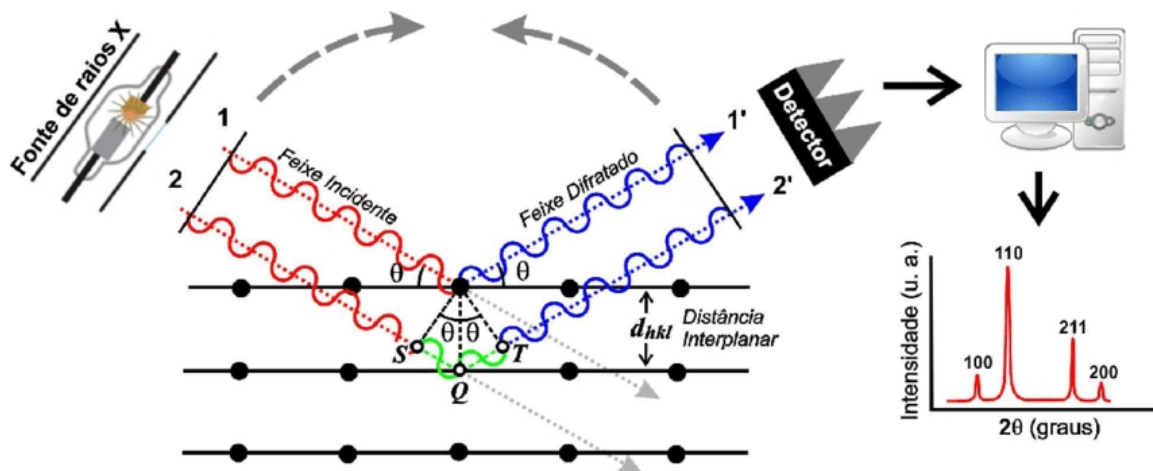


Figura 3 - Esquema da geometria analítica da Difratometria de Raio X e lei de Bragg.

Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-12-Esquema-ilustrativo-do-fenomeno-de-difracao-de-raios-X-A-estrutura-cristalina_fig7_355916333

A dimensão “d” é obtida através da fórmula de Bragg (Eq. 6).

$$n\lambda = 2d \sin \theta, \text{ onde:} \quad (\text{Eq.6})$$

n: ordem de difração (número inteiro: 1, 2, 3...);

λ : comprimento de onda da radiação (1,54 Å-K α Cu);

d: distância entre planos atômicos;

θ : - orientação da amostra em relação ao feixe, ângulo de Bragg.

2.4 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, ESTRUTURAL E QUÍMICA POR MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Para verificar a morfologia e composição química dos produtos estudados, as amostras foram levadas ao microscópio eletrônico de varredura (MEV) com detector de raios-X por dispersão (EDX). O recobrimento das amostras foi feito com Au (Figura 4). As

leituras foram tomadas em diversos pontos com ampliação da superfície das amostras de 50 e 1000 vezes.

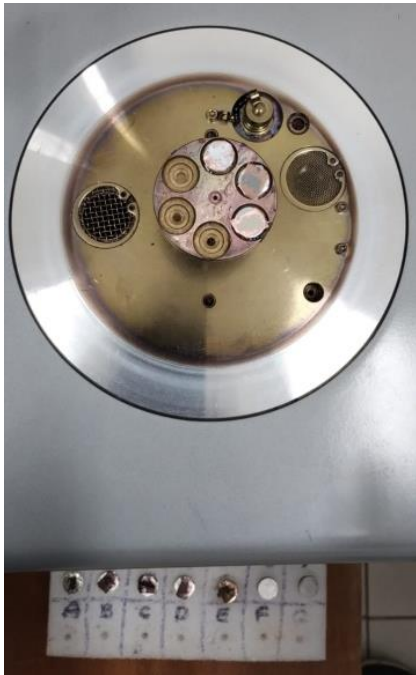


Figura 4. Detalhe do recobrimento com Au das amostras de Lithothanium, Carbonato de Cálcio e Calcário para análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) com detector de raios X por dispersão (EDS).

2.5 AVALIAÇÃO DO PODER CONDICIONANTE DO LITHOTHAMNIUM

Os solos foram avaliados após a incubação, com análises químicas para determinação da fertilidade e condicionamento após tratamentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Poder de Neutralização

A amostra de Lithothanium apresentou elevado poder neutralizante (PN), compatível com corretivos de acidez do solo de elevada reatividade. De fato, o PN foi inferior ao CaCO_3 em apenas 1,3 unidade de PN. Por esta perspectiva, trata-se de material adequado para uso como corretivo de acidez do solo (MELO & FURTINI NETO, 2003).

Tabela 4. Poder de Neutralização (PN) de amostras comerciais de Calcário e Lithothanium

| Corretivo | PN |
|--------------|-------------|
| | -----%----- |
| Calcário | 99,6 |
| Lithothamnum | 98,7 |

Determinação por meio de reação ácido-base com HCl, seguindo de titulação com NaOH.

Caracterização Química (EDX-MEV)

A quantificação de elementos químicos por meio de EDX-MEV demonstrou que a amostra de Lithothanium é composta majoritariamente por O, C e Ca, seguido por Mg, Si, Al, S e Na. Entretanto, a tomada das leituras em spots (áreas de varredura) muito pequenos ($50 \mu\text{m}$) gerou elevada variabilidade dos dados, que pode ser verificada pela amplitude das concentrações (máximo-mínimo) (Tabela 5).

A abundância de O, C e Ca sugerem que o material é composto basicamente por calcita (CaCO_3), e, em menores concentrações, de magnesita (MgCO_3), ou dolomita (CaMgCO_3). O teor médio de Mg inferior a 5 % (m/m) e relação Ca/Mg média de 7/1 enquadra o Lithothanium como corretivo de caráter calcítico.

Tabela 5. Concentração de alguns elementos na amostra de Lithothamnium

| Elemento | Máximo | Média | Mínimo |
|----------|------------------|-------|--------|
| | -----%, m/m----- | | |
| O | 54,8 | 47,0 | 34,5 |
| C | 53,3 | 20,0 | 11,9 |
| Ca | 36,5 | 19,1 | 8,0 |
| Si | 6,7 | 0,4 | 0,1 |
| Fe | 6,6 | 0,3 | 0,1 |
| Al | 6,5 | 0,4 | 0,1 |
| Mg | 2,8 | 2,7 | 0,9 |
| S | 1,5 | 0,2 | 0,1 |
| Na | 0,3 | 0,2 | 0,1 |

Dosagem realizada por EDX (Espectroscopia de dispersão por raios-X), utilizando aumento de 1000 x, intensidade do feixe de elétrons de 20 KV, e distância de trabalho entre lentes e amostra de 15 mm.

Composição elementar similar foi encontrada em amostra de Lithothamnium, incluindo elementos como Mo, Co, Mn, Ni, Cr, Cl e V (RODRIGUEZ, 2018).

Caracterização Mineralógica (DRX)

A composição mineralógica do Lithothamnium evidenciou a presença de Calcita (CaCO_3), $d= 1,3607$; Aragonita (CaCO_3), $d=1,0833$, Magnesita (MgCO_3), $d=1,1978$. Os minerais majoritários como calcita e aragonita, são polimorfos, possuem o mesmo composto químico, que se cristaliza de forma diferente, conferindo a estas diferenças de solubilidade e estabilidade físico-química (ROCHA, 2013).

A comparação dos difratogramas das amostras de Lithothamnium, carbonato e de calcário demonstram picos coincidentes. O Lithothamnium possui composição mineralógica similar a dos corretivos, devido a presença de alguns picos sobrepostos, porém o calcário comercial possui picos característicos de outros minerais, como por exemplo a dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) $d=1,1566$ (Figura 5).

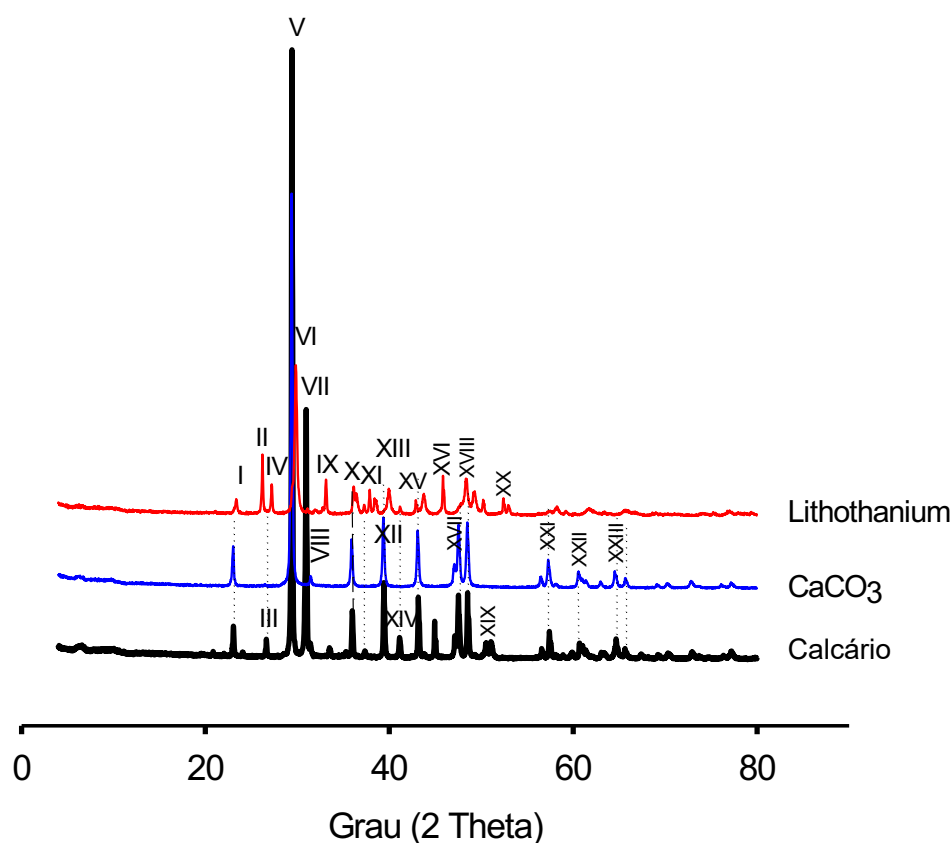


Figura 5. Difratometria de raios X em amostras de corretivos de acidez do solo, utilizando radiação $\text{CuK}\alpha$ (1,5408 nm) com varredura de amostra na faixa de 4 a 80 graus 2θ , intervalos de 0,02 graus 2θ a 1 passo. s^{-1} ; com tensão de 40 kV e corrente de 30 mA. I, VII e X: calcita; IX: Aragonita; II: Magnesita.

Reatividade no Solo (Ensaio de Incubação)

O efeito do Lithothanium na acidez ativa do solo arenoso demonstrou diferentes tendências. A neutralização da acidez atingiu valores máximos já no sétimo dia de incubação para os dois tipos de solo. Esse comportamento foi similar ao calcário comercial, visto que o poder neutralizante do produto se diferiu por poucas unidades dos outros tratamentos. A correção da acidez do solo pelo uso do Lithothanium pode ser comprovada em diversos estudos assim como o incremento principalmente de Ca e Mg após os tratamentos (MELO & FURTINI NETO, 2003).

Em solo argiloso, os corretivos apresentaram comportamento similar. Nota-se que os valores de pH foram próximos entre o Lithothanium e o calcário, atingindo o efeito neutralizador máximo no sétimo dia, apresentando decréscimo aos 15 d , o que

mostra a velocidade das reações (Figura 6). O CaCO_3 , usado como referência de poder de neutralização, demonstrou comportamento parecido ao dos outros tratamentos, porém com maior elevação nos valores de pH.

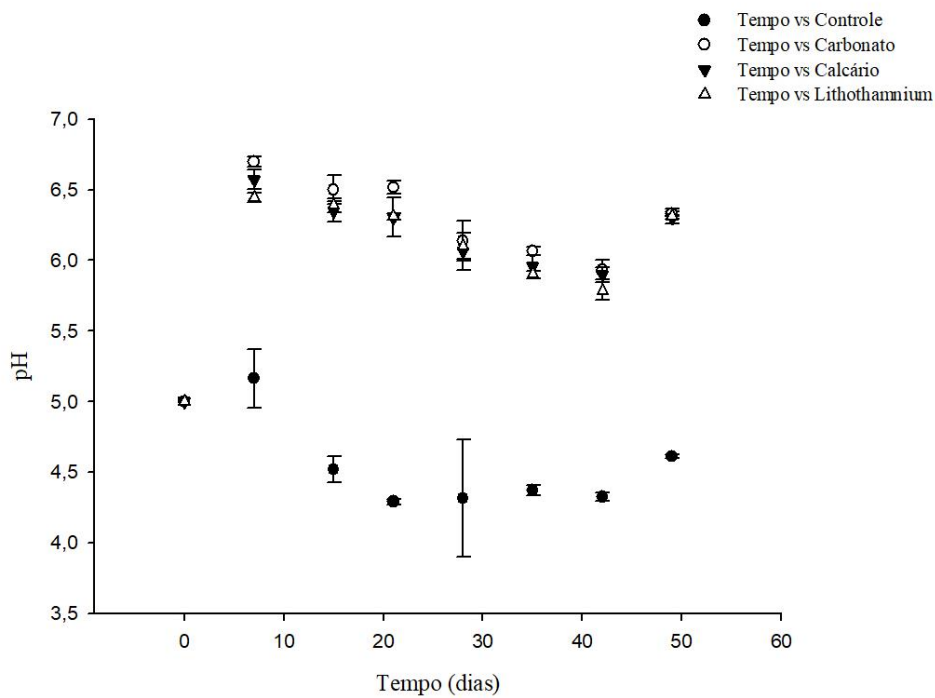


Figura 6. Efeito do Lithothamnium, Calcário e Carbonato de cálcio P.A no pH de solo argiloso ao longo do tempo

No solo arenoso observou-se que o tratamento com o Lithothamnium atingiu a neutralização com valor de pH maior em relação ao calcário, no quadragésimo segundo dia atingindo valor muito próximo do CaCO_3 se diferenciando em apenas 0,05 (Figura 7).

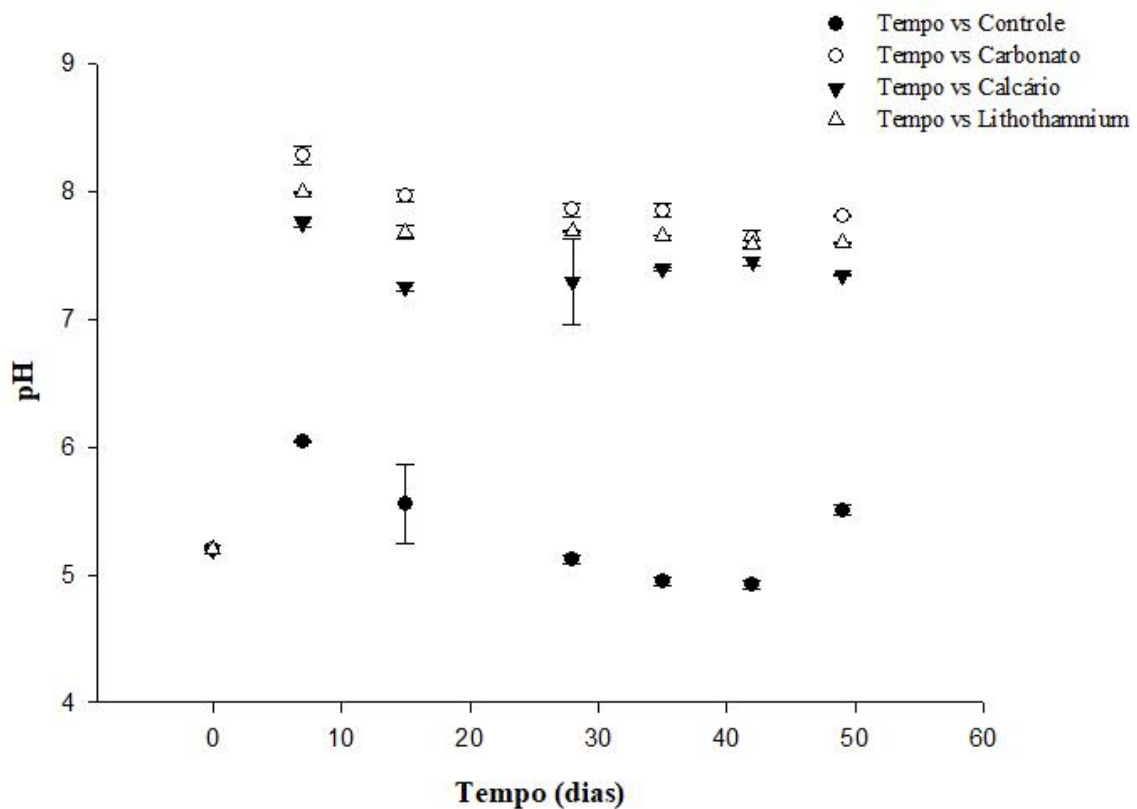


Figura 7. Efeito do Lithothamnium, Calcário e Carbonato de cálcio P.A no pH de solo argiloso ao longo do tempo

Para os dois solos, o Lithothamnium mostrou resultado satisfatório na neutralização da acidez. Em estudo similar, o poder neutralizante da acidez do solo foi constatado, demonstrando o potencial do produto como corretivo da acidez (MELO et al. 2017).

Efeito Condicionador no solo

O efeito do Lithothamnium como condicionador de solo se limita ao aspecto corretivo. De fato, observou-se similaridade nos teores disponíveis de nutrientes entre os tratamentos com CaCO_3 P.A e com Lithothamnium. Curiosamente, em solo arenoso, o teor de matéria orgânica apresentou discrepância entre os corretivos, o que pode ser explicado pela incidência de erro analítico (Tabela 6).

Tabela 6. Características químicas dos solos tratados com CaCO₃ e Lithothamnium

| Solo | Características | CaCO ₃ | | Lithothamnium | |
|----------|--|-------------------|------|---------------|------|
| | | Média | Erro | Média | Erro |
| Arenoso | P Mehlich 1 (mg dm ⁻³) | 4,7 | 0,20 | 4,00 | 0,08 |
| | K Mehlich 1 (mg dm ⁻³) | 22,0 | 0,00 | 23,0 | 0,58 |
| | Ca (cmol _c dm ⁻³) | 0,54 | 0,03 | 0,55 | 0,01 |
| | Mg (cmol _c dm ⁻³) | 0,14 | 0,01 | 0,40 | 0,00 |
| | B (mg dm ⁻³) | 0,30 | 0,02 | 0,30 | 0,01 |
| | Cu (mg dm ⁻³) | 0,39 | 0,01 | 0,37 | 0,01 |
| | Fe (mg dm ⁻³) | 8,46 | 0,45 | 8,09 | 0,28 |
| | Zn (mg dm ⁻³) | 0,77 | 0,02 | 0,73 | 0,15 |
| | Mn (mg dm ⁻³) | 0,54 | 0,03 | 0,55 | 0,01 |
| | MO (dag kg ⁻¹) | 2,0 | 0,65 | 2,60 | 0,46 |
| Argiloso | P Mehlich 1 (mg dm ⁻³) | 2,8 | 0,06 | 2,6 | 0,12 |
| | K Mehlich 1 (mg dm ⁻³) | 22 | 1,53 | 23 | 0,88 |
| | Ca (cmol _c dm ⁻³) | 0,41 | 0,01 | 0,46 | 0,01 |
| | Mg (cmol _c dm ⁻³) | 0,07 | 0,00 | 0,45 | 0,02 |
| | B (mg dm ⁻³) | 0,19 | 0,12 | 0,24 | 0,01 |
| | Cu (mg dm ⁻³) | 0,78 | 0,05 | 0,8 | 0,02 |
| | Fe (mg dm ⁻³) | 24,31 | 1,88 | 23,21 | 1,37 |
| | Zn (mg dm ⁻³) | 0,24 | 0,01 | 0,25 | 0,01 |
| | Mn (mg dm ⁻³) | 0,41 | 0,01 | 0,43 | 0,01 |
| | MO (dag kg ⁻¹) | 2,3 | 0,30 | 2,5 | 0,17 |

P, K- Extrator Mehlich-1; Ca²⁺, Mg²⁺ (Extrator KCl 1,0 mol/L); B= Extrator Mehlich I; Cu, Fe, Zn, Mn [DTPA em pH 7.3]

MO (Matéria Orgânica) - Método Colorimétrico Erro = σ/\sqrt{n}

Os corretivos afetaram a disponibilidade de nutrientes de forma similar. Assim pode-se inferir que o Lithothamnium não promove efeitos adicionais no solo em comparação aos corretivos tradicionais.

4. CONCLUSÃO

O Lithothanium pode ser recomendado como corretivo de acidez do solo e fonte de Ca e Mg. Entretanto, há necessidade de verificar se teores de metais pesados e de As não comprometem o registro do material como corretivo.

Não há evidências de qualquer efeito do Lithothanium como condicionador de solo, além do efeito corretivo de acidez.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. M.; BRITO, H. N. F.; JACOB NETO, J. **Utilização da alga calcária Lithothamnion sp. triturada na produção de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)** Anais da XI Jornada de Iniciação Científica da UFRRJ. v. 11, n. 2, p. 77-80, 2001. Disponível Em: < <http://www.ufrj.br/posgrad/pdfs-c/J464-C.pdf>> Acesso em: 23 abr. 2024

ARAÚJO, P. O. L. C.; GONSALVES, F. C.; RAMOS, J. D.; CHALFUN, N. N. J.; CARVALHO, G. J. Crescimento e percentual de emergência de plântulas de citrumeleiro 'Swingle' em função dos substratos e das doses de corretivo à base de Lithothamnium, após cem dias da sementeira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 982-988, jul./ago. 2007. Disponível em: < <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/6455>> Acesso em: 15 abr. 2024. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000400006>

DIAS, G.T.M. Granulados bioclásticos: algas calcárias. **Brazilian Journal of Geophysics**, São Paulo, v.18, n.3, p.1-19, 2000. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rbg/a/Q4gVZZNy3MNN7ddcVx7YNQL/#>> Acesso em: 18 abr. 2024. <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2000000300008>

GUIRY, M.D. & GUIRY, G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; Acesso em: 10 abr. 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: MAPA, 2017. 240 p. Disponível em: < https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/manual-de-metodos_2017_isbn-978-85-7991-109-5.pdf> Acesso em: 19 abr. 2024.

MARTINS, G. H. F.; MATIAS, F. I.; SILVA, A. A.; COELHO, L. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34, 2013, Florianópolis. (Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo) **Efeito do Lithothamnium e Superfosfato Triplo Revestido com Polímero na Disponibilidade de Nutrientes em Solo Cultivado com Nim.**

Disponível em: < https://eventosolos.org.br/cbcs2013/anais/index_intdbe4.html> Acesso em: 7 abr. 2024.

MELO, A. F. S. R.; RIBEIRO, I. C. A.; FIA, R.; FIA, F. R. L. **Utilização de algas marinhas (*lithothamnium calcareum*) trituradas na neutralização da acidez de diferentes solos de Lavras-MG**. XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA. Maceió, 2017. Disponível em: <<https://conbea.org.br/anais/publicacoes/conbea-2017/anais-2017>> Acesso em: 22 abr. 2024.

MELO, P. C.; FURTINI NETO, A.E. Avaliação do lithothamnium como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para o feijoeiro. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.03, p.508-519, 2003. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/f7BDc43mhwLjLWh6HzwXVzc/>> Acesso em: 23 abr. 2024. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542003000300003>

MENDONÇA, V.; ORBES, M. Y.; ABREU, N. A. A.; RAMOS, J. D.; TEIXEIRA, G. A.; SOUZA, H. A. Qualidade de mudas de maracujazeiro-amarelo formadas em substratos com diferentes níveis de lithothamnium. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 900-906, 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/58GzQwmZjdSkyrgqgbNNjTj/?lang=pt#>> Acesso em: 10 abr. 2024. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000500012>

ROCHA, C. M. S. Estudo químico de Lithothamnion sp. e Halimeda sp. no Nordeste brasileiro. **Tese de Doutorado submetida à coordenação do Curso de PósGraduação em Geologia, da Universidade Federal do Ceará**, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/15684>> Acesso em: 10 abr. 2024. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/15684>

RODRIGUEZ, W. D. M. Viabilidade técnica e econômica do uso de lithothamnium e vinhaça associado à irrigação na cana-de-açúcar. **Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia**, 2018. LXXV, 78 f.: il. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/teseserver/api/core/bitstreams/c80c8fa6-cda7-4462-862d-2d4fcc67c4aa/content>> Acesso em: 21 abr. 2024. <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/8212>

SÁ, A. R. M. Irrigação e adubação com lithothamnium no cultivo de pimentão orgânico. **Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás**, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/items/a3bf14e3-cabe-46d0-96ad-e373e684dc44>> Acesso em: 15 abr. 2024. <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/4709>

SOARES, C. M. Estudo químico da alga Lithothamnium calcareum e avaliação da atividade inibitória do rolamento de leucócitos. **Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas). Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte**. 2009, 102 f. Disponível em: <

<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/EMCO-7SMPDM>> Acesso em: 5 abr. 2024.
<http://hdl.handle.net/1843/EMCO-7SMPDM>

SOUZA, H. A.; RAMOS, J. D.; FERREIRA, E. A.; MENDONÇA, V. Doses de lithothamnium e diferentes substratos na produção de mudas de maracujazeiro 'doce'. **Revista Caatinga**, Mossoró, Brasil, v.20, n.4, p.24-30, 2007. Disponível em: <<https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/163>> Acesso em: 21 abr. 2024.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237117664004>