

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA

CAIO HENRIQUE FERNANDES CAMPOS

ÁCIDOS HÚMICOS E CALCÁRIO DOLOMITICO COMO CONDICIONADOR DE  
SOLO EM SOJA CRUZADA

Uberlândia – MG  
Março – 2014

CAIO HENRIQUE FERNANDES CAMPOS

ÁCIDOS HÚMICOS E CALCÁRIO DOLOMITICO COMO CONDICIONADOR DE  
SOLO EM SOJA CRUZADA

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
ao curso de Agronomia, da Universidade  
Federal de Uberlândia, para obtenção do  
grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Regina Maria Quintão  
Lana

Uberlândia – MG  
Março – 2014

CAIO HENRIQUE FERNANDES CAMPOS

ÁCIDOS HÚMICOS E CALCÁRIO DOLOMITICO COMO CONDICIONADOR DE  
SOLO EM SOJA CRUZADA

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
ao curso de Agronomia, da Universidade  
Federal de Uberlândia, para obtenção do  
grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 14 de março de 2014.

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Regina Maria Quintão Lana  
Orientadora

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Adriane de Andrade Silva  
Membro da Banca

---

Mestrando Pedro Afonso Couto Junior  
Membro da Banca

## SUMÁRIO

RESUMO.....	I
ABSTRACT.....	II
1. INTRODUÇÃO .....	7
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	14
5. CONCLUSÕES .....	39
REFERÊNCIAS .....	40

CAMPOS, C. H. F. **Ácidos húmicos e calcário dolomítico como condicionador de sola em soja cruzada**, 2014. 21 p. Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia. Orientador: Regina Maria Quintão Lana – Universidade Federal de Uberlândia – Uberlândia.

**RESUMO:** Os ácidos húmicos são compostos orgânicos naturalmente encontrados nos solos, sedimentos e na água. São resultantes da transformação de resíduos vegetais, o qual apresenta fração escura solúvel em meio alcalino, que se precipita em forma de produto escuro e amorfo em meio ácido. Sua aplicação tem uma relação direta com liberação de cargas do solo, liberação de nutrientes e detoxificação do solo. Em sistemas de semeadura de soja perpendicular ao sentido da primeira semeadura, dobrando a população de plantas, a melhoria dos atributos químicos de solo é fundamental para que sejam obtidos ganhos em produtividade, pois o dobro de plantas demanda alta quantidade de nutrientes. Nesse sentido objetivou-se avaliar a capacidade de condicionamento dos ácidos húmicos nos atributos químicos do solo, sob cultivo de soja (*Glycine max*) cultivar SYN 1080 RR, utilizando o sistema de semeadura em sentido cruzado. Foram aplicados diferentes doses de ácido húmico e calcário dolomítico no solo. O produto comercial constituinte do ácido húmico é composto de água, hidróxido de potássio e ácidos húmicos e fúlvicos na composição: 1% K<sub>2</sub>O e 6% de Carbono Orgânico Total, ácidos húmicos e fúlvicos na densidade de 1,25 g mL<sup>-1</sup>. O experimento foi instalado no município de Uberlândia-MG e consistiu em um delineamento de blocos casualizados com três blocos e nove tratamentos (T1: Testemunha; T2: 8,33 L ha<sup>-1</sup> de ácido húmico; T3: 16,67 L ha<sup>-1</sup> de ácido húmico; T4: 25,00 L ha<sup>-1</sup> de ácido húmico; T5: 33,32 L ha<sup>-1</sup> de ácido húmico; T6: 520 kg ha<sup>-1</sup> de calcário; T7: 1.040 kg ha<sup>-1</sup> de calcário; T8: 1.560 kg ha<sup>-1</sup> de calcário; T9: 2.080 kg ha<sup>-1</sup> de calcário). Observou-se que a maior dose de ácido húmico diferiu do tratamento controle na maioria dos casos, apresentando influencia positiva no condicionamento do solo. A aplicação do ácido húmico promoveu diferenças significativas diretas nos valores médios de pH, teor de Ca, soma de bases, CTC efetiva e saturação por bases.

**Palavras-chave:** CTC, matéria orgânica, substâncias húmicas,.

CAMPOS, C. H. F. **Humic and dolomitic limestone as conditioner outsole cross soybeans**, 2014. 21 p. Completion of course work in Agronomy. Advisor: Regina Maria Quintão Lana - Federal University of Uberlândia – Uberlandia.

**ABSTRACT:** Humic acids are organic compounds found naturally in soils, sediments and water. Are from the processing of vegetable waste, which has dark fraction soluble in alkaline medium, which precipitates in the form of dark and amorphous product in acid medium. Its application has a direct relationship to release loads of soil, releasing nutrients and detoxification of the soil. In seeding perpendicular to the first seeding soybeans, doubling the plant population systems, the improvement of chemical soil properties is essential for productivity gains are achieved because of the high demand twice the amount of plant nutrients. In this sense aimed to evaluate the conditioning ability of humic acids on soil chemical properties under soybean cultivation ( *Glycine max* ) cultivar SYN 1080 RR , using the seeding system in cross direction . Different doses of humic acid and lime in the soil were applied. The constituent commercial product of humic acid is comprised of water, potassium hydroxide and Neossols and humic acids in the composition: 1% and 6% K<sub>2</sub>O Total Organic Carbon , humic acids and fulvic density of 1.25 g ml<sup>-1</sup> . The experiment was installed in Uberlândia - MG and consisted of a deliniamento randomized blocks with three blocks and nine treatments ( T1 : Control , T2 : 8.33 L ha<sup>-1</sup> of humic acid, T3 : 16.67 L ha<sup>-1</sup> of humic acid , T4 : 25.00 L ha<sup>-1</sup> of humic acid ; T5 : 33.32 L ha<sup>-1</sup> of humic acid ; T6 : 520 kg ha<sup>-1</sup> of lime , T7 : 1040 kg ha<sup>-1</sup> of lime , T8 1560 kg ha<sup>-1</sup> of lime, T9:2080 kg ha<sup>-1</sup> of limestone). It was observed that the highest dose of humic acid was better than the control treatment in most cases showing a positive influence on soil conditioning. The application of humic acid promoted direct significant differences in mean values of pH, Ca, sum of bases, effective CTC and base saturation.

**Keywords :** CTC , organic matter , humic substances

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), com produtividade média estimada em 3.106 kg ha.<sup>-1</sup>, sendo o estado Mato Grosso responsável pela maior parcela da produção nacional ocupando uma área total de 24,2 milhões de hectares, seguido pelo estado do Paraná (CONAB, 2012).

O rápido desenvolvimento da produção, do consumo e do comércio de soja no Brasil exigiu a adoção de novas tecnologias no setor. Dentre elas, pode-se destacar o desenvolvimento de cultivares mais produtivas, tolerantes às condições adversas do ambiente, associada ao avanço da nutrição mineral e condicionamento adequado do solo e arranjos espaciais diferenciados, visando aumento de produtividade e conseqüentemente maior lucro em uma mesma área.

Uma nova opção utilizada a fim de otimizar o cultivo da soja, é a semeadura cruzada. Esse método consiste na distribuição de sementes em linhas paralelas, como é realizada convencionalmente na soja, seguida de nova distribuição de grãos sobre a mesma área, com as novas linhas formando ângulos de 90° em relação às anteriores, ou seja, formando um gride de linhas sobre a área de cultivo. Dessa forma, seguindo uma recomendação usual para esta cultura, pode-se duplicar o número de sementes e a quantidade de adubo aplicado por hectare.

A utilização de corretivo da acidez do solo objetiva a neutralização (diminuir ou eliminar) da acidez e a aumentar a disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente cálcio e magnésio. O material mais utilizado tem sido o calcário, porém os ácidos húmicos surgiram nesse cenário como uma interessante alternativa a ser utilizada em virtude de sua infinidade de ações benéficas no condicionamento de solo e planta. Os ácidos húmicos se mostraram uma boa opção devido a sua boa solubilidade e por se encontrar em formulado líquido, possuindo maior capacidade de se deslocar no perfil do solo em sistemas de cultivo mínimo ou semeadura direta.

Diante disto, o presente trabalho objetivou avaliar a capacidade de condicionamento químico dos ácidos húmicos no solo, em diferentes doses comparadas ao calcário dolomítico, utilizando o sistema de semeadura em sentido cruzado na cultura da soja.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

As condições do meio onde as plantas irão se desenvolver é fundamental para maximizar a expressão do potencial produtivo das cultivares. Assim, alterações relacionadas com a população de plantas podem reduzir ou aumentar os ganhos em produtividade, pois essa característica é consequência da densidade das plantas nas linhas e do seu espaçamento entre as linhas. Dessa forma é possível aplicar infinitas medidas de espaçamento e gerando as mais variáveis populações, ou até mesmo sobreplôs como é o caso da semeadura cruzada.

Quando as plantas estão distribuídas uniformemente na área, a população de plantas é o fator que menos influencia a produtividade de grãos (ENDRES, 1996). Dessa forma, segundo Egli (1994), para se obter maior produtividade de grãos e adaptação à colheita mecanizada, o espaçamento entre as linhas e a densidade de plantas nas linhas pode ser manipulado, com a finalidade de estabelecer o arranjo espacial mais adequado.

Um indicativo do potencial de aumento da produtividade com o uso da semeadura da soja em linhas cruzadas pôde ser verificado na safra 2009/2010, em que o produtor vencedor do desafio nacional do CESB (Comitê estratégico soja Brasil) alcançou a marca de 108,4 sacas de soja por hectare no Paraná, utilizando a semeadura da soja em linhas cruzadas, técnicas de manejo adequadas e contando com condições climáticas ideais (SANCHES, M. J. 2010).

Entre os elementos que podem promover melhoria dos atributos de solo encontra-se a matéria orgânica do solo, que consiste de uma mistura de compostos em vários estágios de decomposição, que resultam da degradação biológica de resíduos de plantas e animais, e da atividade sintética de microrganismos. De acordo com Stevenson (1994) a matéria orgânica do solo pode ser agrupada em substâncias húmicas e não húmicas, sendo as últimas compostas por compostos com características químicas definidas, tais como, polissacarídeos, aminoácidos, açúcares, proteínas e ácidos orgânicos de baixa massa molar. As substâncias húmicas não apresentam características químicas e físicas bem definidas, e se dividem em: ácido húmico, ácido fúlvico e humina, com base nas suas características de solubilidade.

Desde o ponto de vista da evolução da matéria orgânica do solo, existem conceitualmente dois processos, a degradação ou mineralização, e a humificação. No processo de mineralização, os microrganismos envolvidos consomem de 70 a 80% do material orgânico envolvido, transformando-os em CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, restando de 20 a 30% de compostos fenólicos e compostos lignificados parcialmente transformados que darão origem às substâncias húmicas.



A formação das substâncias húmicas, apesar de já serem muito estudadas, com vários modelos sugeridos, graças principalmente ao uso da técnica de espectroscopia de ressonância magnética nuclear, definiu-se essas substâncias, como sendo compostos bi ou tridimensionais, formados por estruturas aromáticas, com porções de cadeias alifáticas estáveis, unidas por pontes de hidrogênio, contendo grupos carboxílicos, carbonilas, fenílicos, alcoólicos, hidroquinonas, entre outras (FILHO et al. 2002).

Segundo Santos e Camargo (1999), as substâncias húmicas (SH) participam de importantes reações que ocorrem nos solos, influenciando a fertilidade pela liberação de nutrientes, pela detoxificação de elementos químicos, pela melhoria das condições físicas e biológicas e pela produção de substâncias fisiologicamente ativas.

Varanini et AL. (1993), afirmou que o aumento da absorção de nutrientes relacionado à presença de substâncias húmicas (SH) em solução tem sido justificado por um possível aumento da permeabilidade da membrana plasmática por meio da ação surfactante das SH e a ativação da enzima  $H^+$ -ATPase de membrana plasmática. O gradiente eletroquímico gerado pela  $H^+$ -ATPase de membrana plasmática esta diretamente ligado a dois mecanismos fundamentais ao desenvolvimento das plantas: a energização de sistemas secundários de translocação de íons, fundamental para absorção de macro e micronutrientes, e o aumento da plasticidade da parede celular, que possibilita o processo de crescimento e divisão da célula vegetal. Por outro lado, esse aumento da permeabilidade pode ser deletério, se ocorrer perda do controle da seletividade da membrana plasmática.

Filho et al. (2002), definiu os ácidos húmicos como fração escura solúvel em meio alcalino, precipitando-se em forma de produto escuro e amorfo em meio ácido. Quimicamente são muito complexos, formados por polímeros compostos aromáticos e alifáticos com elevado peso molecular, e grande capacidade de troca catiônica. Combina-se com elementos metálicos formando humatos, que podem precipitar (humatos de cálcio, magnésio, etc.) ou permanecer em dispersão coloidal (humatos de sódio, potássio, amônio, etc).

Os ácidos fúlvicos são fração colorida que se mantém solúvel em meio alcalino ou em meio ácido diluído. Quimicamente são constituídos, sobretudo, por polissacarídeos, aminoácidos, compostos fenólicos, etc. Apresentam um alto conteúdo de grupos carboxílicos e seu peso molecular é relativamente baixo. Combinam-se com óxidos de Fe, Al, argilas e outros compostos orgânicos. Possuem propriedades redutoras e formam complexos estáveis com Fe, Cu, Ca e Mg. Ácidos Hymatomelânicos- fração dos ácidos húmicos solúveis em álcool (FILHO et al. 2002).

A relação C/N dos ácidos húmicos e fúlvicos é superior em 50% à média observada na matéria orgânica do solo, indicando seu menor grau de degradação, conferindo-lhe maior estabilidade no ambiente. É possível observar que os ácidos húmicos possuem maior conteúdo de C e menor de O, e conseqüentemente, uma massa maior que os ácidos fúlvicos. Com o grau de polimerização relativamente maior dos ácidos húmicos, é possível constatar um estágio mais avançado de humificação. Entretanto, os ácidos fúlvicos contêm mais agrupamentos – COOH por unidade de massa em relação aos ácidos húmicos e, juntamente com a soma dos grupamentos fenólicos, caracterizam maior acidez total, apresentando maior Capacidade de Troca Catiônica (CTC) que os ácidos húmicos. Mesmo quando comparado com uma argila silicatada 2:1, que contém em média 200 cmolc.kg<sup>-1</sup>, as substâncias húmicas superam na capacidade tampão do solo (ADEMAR FILHO et al 2002).

Segundo Brun (1993), durante décadas, as práticas agrícolas contribuíram para a intensificação da produção vegetal graças ao emprego de nutrientes minerais e energia. Entretanto, a utilização abusiva destes insumos leva a desequilíbrios, tanto ecológicos como econômicos. A adição de ácidos húmicos e fúlvicos em soluções nutritivas já é utilizada na Europa, tanto em hidroponia como em gotejamento, sendo utilizadas quantidades de 10 a 20 kg de matéria húmica por ano. Estas práticas permitem um menor uso de insumos e uma produção mais equilibrada ecologicamente.

As substâncias húmicas presentes em bioestimulantes têm efeito estimulante sobre o crescimento vegetal devido à habilidade dos ácidos húmicos atuarem como reserva de nutrientes, por meio da alta capacidade de troca catiônica (CTC) e da formação de complexos solúveis em água em íons metálicos, como o ferro, o que favorece a absorção desses íons pelas raízes. Os bioestimulantes beneficiam o crescimento das plantas por conterem produtos naturais como a citocinina e ácidos húmicos em sua composição. A produção e o uso de vários produtos comerciais contendo substâncias húmicas têm aumentado, e atribuição de suas propriedades na melhoria do desenvolvimento vegetal apresenta controvérsias, tornando imprescindível uma investigação científica para comprovar os seus efeitos na absorção de nutrientes pelas plantas (VASCONCELOS, 2006)

As raízes das plantas podem absorver e metabolizar substâncias orgânicas fisiologicamente ativas, como as substâncias húmicas, ácidos fenólicos, carboxílicos e aminoácidos (Kiehl, 1985). Dessa forma é plausível a teoria de que as substâncias húmicas têm efeito direto no metabolismo das plantas, implicando na sua absorção pelos tecidos vegetais (VAUGHAN e MAÇOM, 1985).

Segundo O'Donnell (1973) e Tan (2003), importantes processos fisiológicos como a germinação estimulada de sementes, o crescimento das mudas e aceleração do crescimento das plantas tem sido frequentemente atribuído a um aumento hormonal devido ao efeito das substâncias húmicas, porém o crescimento promovido pelas substâncias húmicas não deve ser limitado apenas aos hormônios, pois outras substâncias também possuem efeitos similares a estes, tais como vitaminas e aminoácidos.

Os ácidos húmicos são componentes que favorecem o desenvolvimento das plantas através do aumento da absorção de complexos de ferro pelas raízes por meio da formação de quelados (SANDERS et al. 1990; MALAVOLTA, 1997).

Em trabalhos de pesquisa realizados pela Embrapa utilizando ácidos húmicos, foi constatado um aumento na produtividade agrícola de 18%, sendo na cultura da soja observados ganhos de até 360 Kg há<sup>-1</sup> (BENITES, 2006)

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na fazenda experimental Capim Branco da Universidade Federal de Uberlândia, localizada no município de Uberlândia, Minas Gerais, a 830 metros de altitude, com latitude 18° 53' 06,25'' e longitude 48° 20' 34,99'', onde se avaliou o desempenho de plantas de soja cultivar SYN 1080 RR em função da aplicação de ácido húmico comparado ao uso do calcário como corretivo de solo.

O ácido húmico utilizado foi classificado como fertilizante organomineral classe A, composto de água, hidróxido de potássio e ácidos húmicos, com a seguinte composição: 1% de K<sub>2</sub>O e 6% de carbono orgânico total, ácidos húmicos e fúlvicos com densidade de 1,25 g mL<sup>-1</sup>.

O calcário usado em comparação foi um calcário dolomítico com a composição: 36,40% CaO, 14,00% de MgO, 99,87% de PN (Poder de neutralização), 90,28% de PRNT (Poder relativo de neutralização total) e 3,00% de umidade.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com nove tratamentos (TABELA 1) e três repetições:

**TABELA 1.** Doses de ácidos húmicos e calcário dolomítico em soja cruzada, Uberlândia, 2012.

Tratamentos	Doses
T1	Testemunha
T2	8,33 L ha <sup>-1</sup> de ácido húmico
T3	16,67 L ha <sup>-1</sup> de ácido húmico
T4	25,00 L ha <sup>-1</sup> de ácido húmico
T5	33,32 L ha <sup>-1</sup> de ácido húmico
T6	520 kg ha <sup>-1</sup> de calcário
T7	1.040 kg ha <sup>-1</sup> de calcário
T8	1.560 kg ha <sup>-1</sup> de calcário
T9	2.080 kg ha <sup>-1</sup> de calcário

A aplicação foi realizada uniformemente via solo, utilizando 20 litros de solução total nos tratamentos realizados com ácido húmico, por parcela, e a aplicação de calcário foi realizada a lanço. As aplicações dos corretivos ocorreram dia 22 de novembro e o experimento foi semeado no dia 7 de dezembro de 2012.

A área experimental possuiu um total de 1.296 m<sup>2</sup> de área útil. Cada bloco consistia de nove parcelas, contendo cada uma 6 m de comprimento e 8 m de largura. A densidade de plantio utilizada foi de 14 sementes por metro linear sobrepondo o segundo sentido de plantio 90° em relação ao primeiro.

A adubação de plantio foi realizada no sulco de semeadura com distribuição de 230 kg ha<sup>-1</sup> de Super Fosfato Triplo (41% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), e 230 kg ha<sup>-1</sup> de KCl (60% de K<sub>2</sub>O) e o manejo pós emergente de plantas infestastes foi realizado com glyphosato na dose de 3 L.ha<sup>-1</sup>.

Para análise de solo, foram retiradas, por parcela, quatro amostras simples as quais, após homogeneização, formaram uma amostra composta. A amostragem foi feita de 0-20 cm de profundidade e de forma aleatória dentro da parcela, utilizando um trado manual de aço. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados e encaminhadas ao laboratório de análise de solos (LABAS) da Universidade Federal de Uberlândia, onde foi realizada uma análise química completa do solo.

Os parâmetros avaliados foram pH, acidez, matéria orgânica, carbono orgânico, macronutrientes catiônicos, soma de base, saturação por base, proporção entre os macronutrientes catiônicos e a proporção dos macronutrientes catiônicos em relação à CTC total de acordo com a metodologia descrita em EMBRAPA (2009). Os resultados foram submetidos à curvas de regressão e as médias comparadas em relação a fonte e doses.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de regressão para as variáveis estão descritas nas figuras de 1 à 25.

Em relação ao pH observa-se que apesar da tendência das curvas serem muito distintas os valores médios obtidos com a aplicação da fonte foi similar, variando entre 5,7 e 6,2. Esses valores são considerados pela CFESMG (1999) como teores adequados para a maioria das culturas agrícolas.

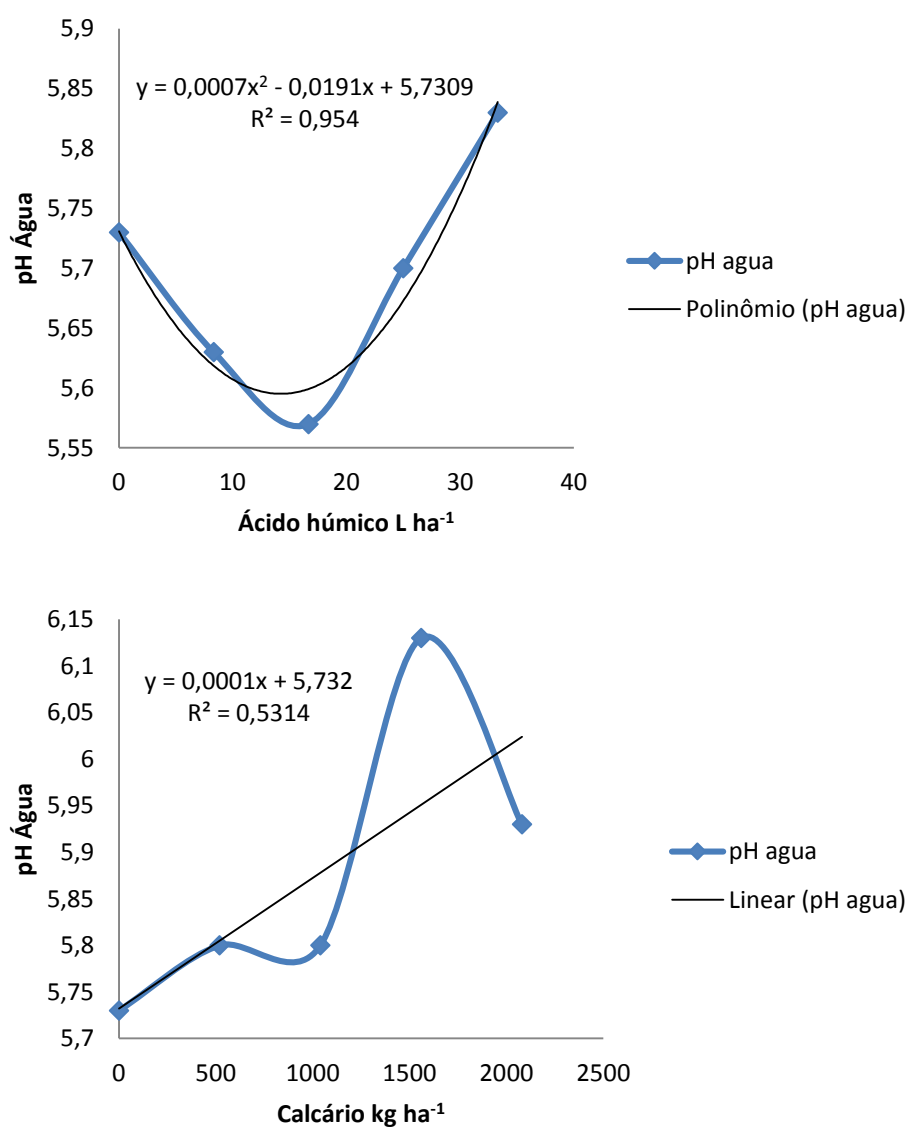


Figura 1. Valores médios de pH em água, em função de doses de ác. húmico e calcário.

Segundo Figura 2, mesmo observando-se diferença entre as doses de cada tratamento, esse atributo apresentou pouca variação entre os dois tratamentos. Nota-se que a resposta dos ácidos húmicos foi acentuada somente na maior dose de teste, esse comportamento indica que os ácidos húmicos provavelmente devem ser aplicados em doses maiores do que as utilizadas neste experimento.

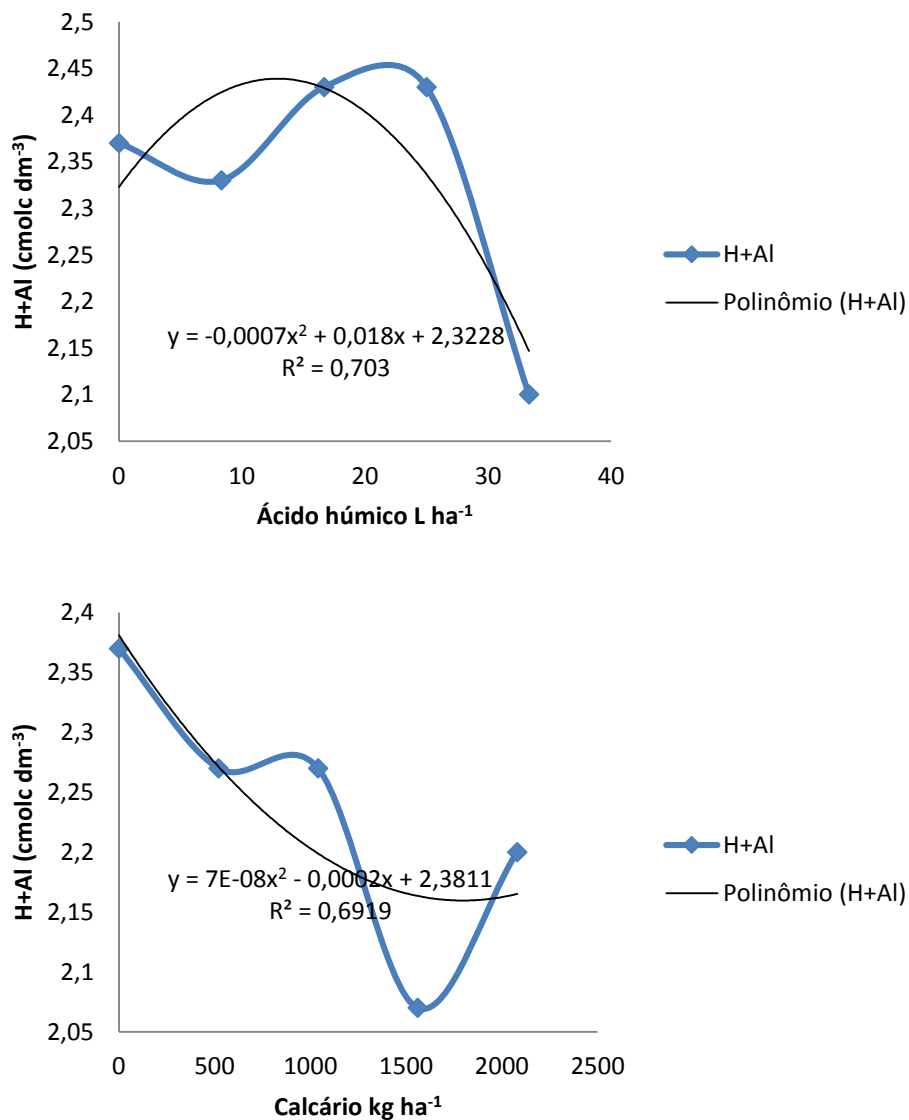


Figura 2. Valores médios Acidez potencial, em função de doses de ác. húmico e calcário.

Observa-se na Figura 3, que os valores médios para teor de fósforo foram similares entre as duas fontes testadas, ocorrendo leves oscilações nas maiores doses tanto para o ácido húmico quanto para o calcário. Esses valores são considerados adequado para o cultivo de soja, segundo a CFESMG (1999).

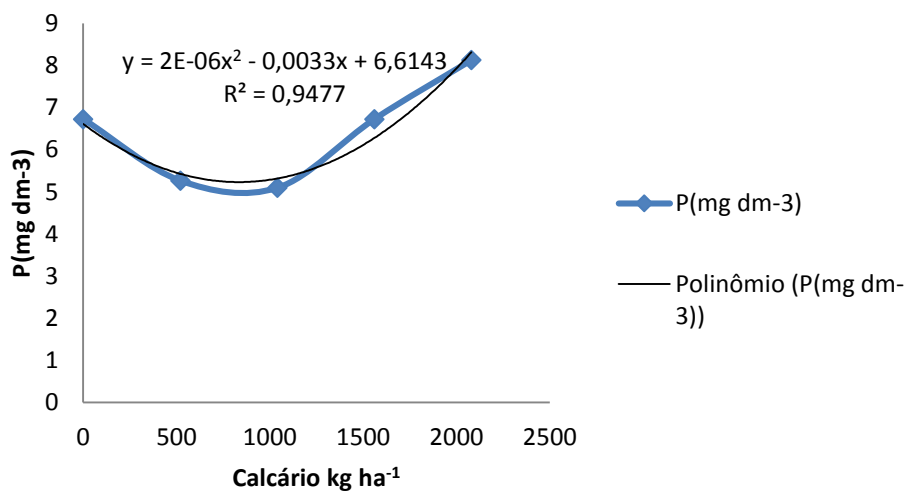
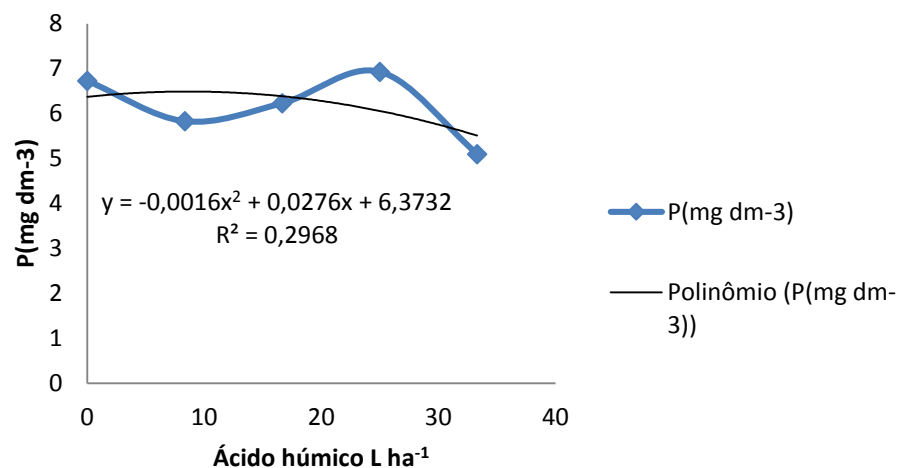


Figura 3. Valores médios de fósforo, em função de doses de ác. húmico e calcário.



Em relação ao alumínio no solo todos os valores tentem a zero, uma vez que teores de alumínio até  $0,3 \text{ cmolc dm}^{-3}$  são representados como insignificante em análises químicas de solo, de acordo com a metodologia descrita pela EMBRAPA (2009). Esses teores médios tendendo a zero são esperados pois apresentam correlação com o pH apresentado, em que solos com pH acima de 5,5 o alumínio tóxico ( $\text{Al}^{3+}$ ) está praticamente todo precipitado em hidróxido de alumínio ( $\text{Al}(\text{OH})^3$ ).

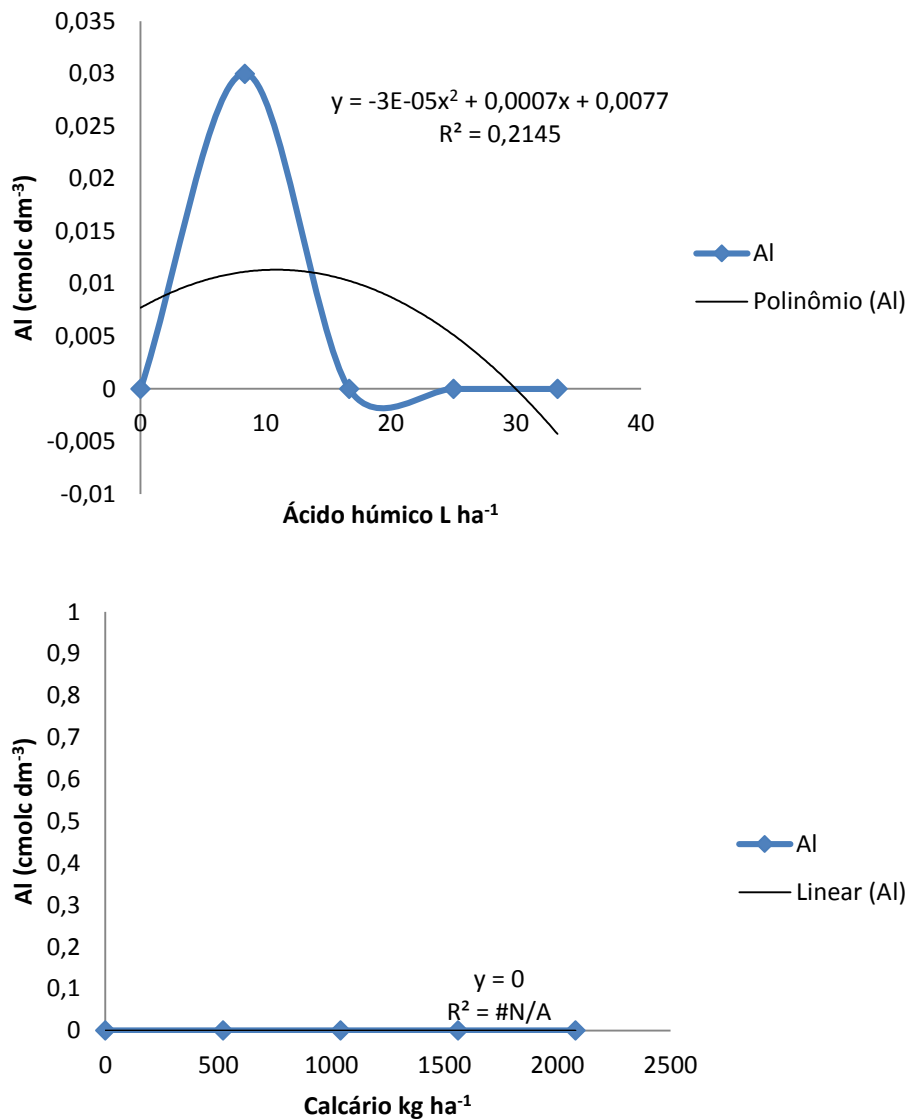


Figura 4. Valores médios de alumínio, em função de doses de ác. húmico e calcário.

Os ácidos húmicos são correlacionados com a M.O. do solo, porém não observou-se alteração neste atributo. Esse fato deve-se as frações orgânicas nas doses aplicadas serem baixa para promover incremento significativo. Mas devido a sua estabilização e alta densidade, pode influenciar diretamente em atributos como a CTC do solo.

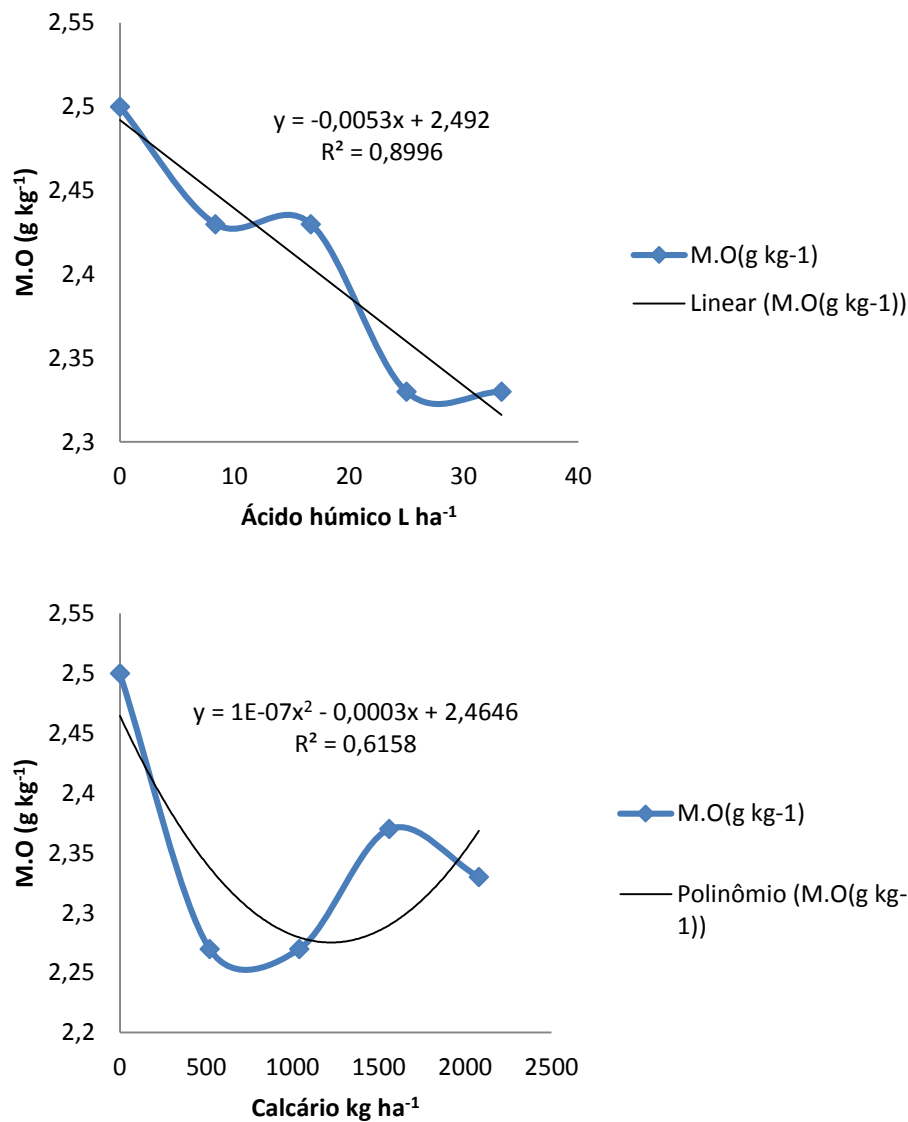


Figura 5. Valores médios de Matéria Orgânica, em função de doses de ác. húmico e calcário.

Segundo Figura 6, apesar das oscilações obtidas na variação de doses, ambas as fontes apresentaram valores médios similares em teste. A redução dos valores de carbono orgânico pode ser benéfica para o equilíbrio nutricional do solo, uma vez que a flora microbiana existente no mesmo utiliza esse carbono orgânico como fonte de energia para as reações que possivelmente disponibilizam nutrientes antes imóveis para o solo.

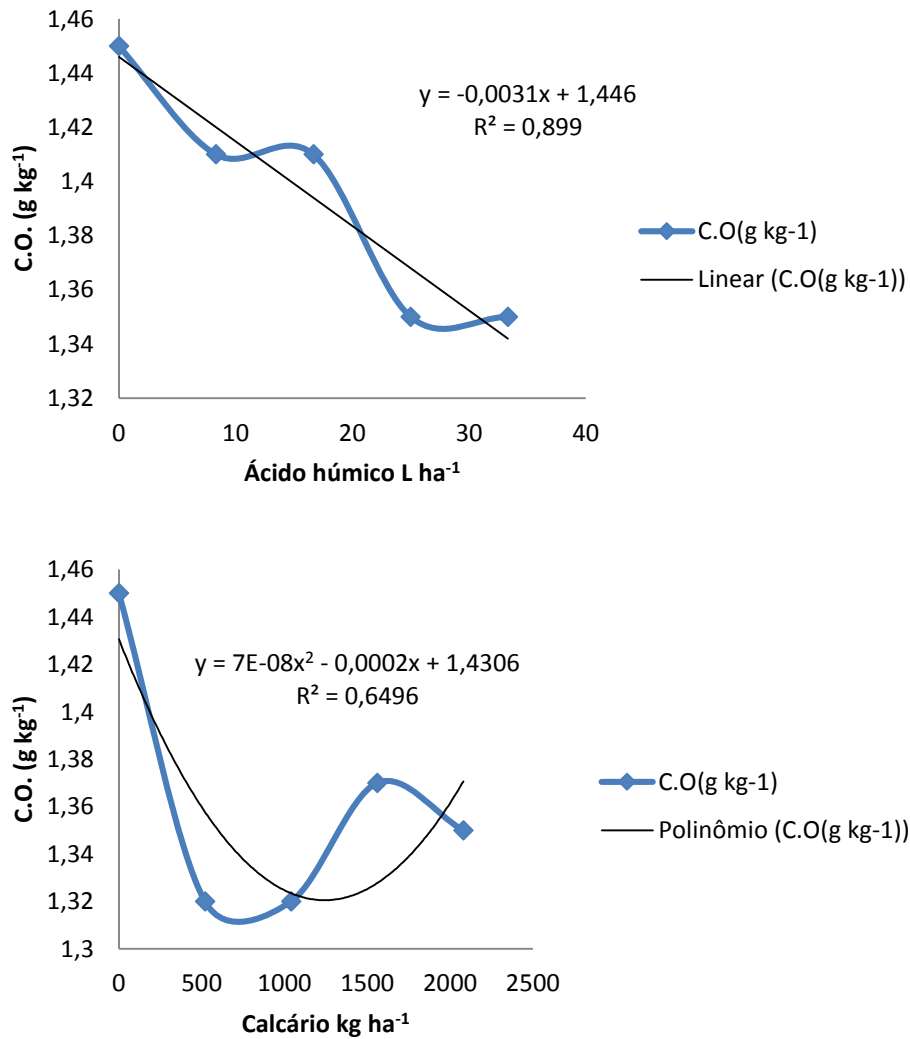


Figura 6. Valores médios de Carbono Orgânico, em função de doses de ác. húmico e calcário.

Observa-se na Figura 7 que não houve diferença no teor de potássio, mesmo na fonte de ácido húmico que apresenta 1% desse componente em sua fórmula. Todos os valores apresentados para esse nutriente nas duas fontes em teste encontram-se em teor adequado para o cultivo das maiorias das culturas agrícolas.

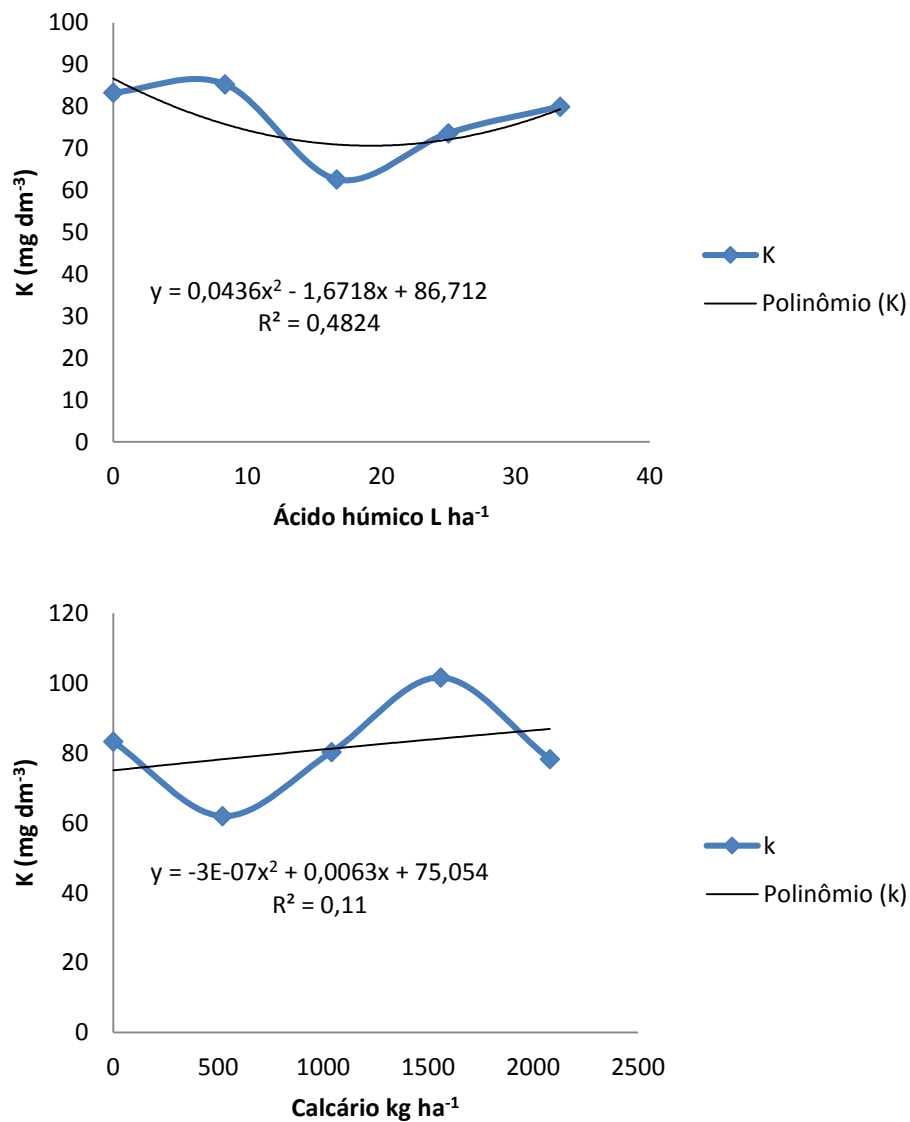


Figura 7. Valores médios de potássio, em função de doses de ác. húmico e calcário.

De acordo com Figura 8, mesmo os ácidos húmicos não possuindo cálcio em sua composição, ao contrário do calcário que possui 36,40% de CaO, apresentou resposta positiva no incremento desse nutriente no solo, apresentando valores finais semelhantes ao tratamento utilizando calcário. Possivelmente o aumento no teor de Ca ocorreu devido a complexação de H<sup>+</sup>, influenciado diretamente na capacidade de troca catiônica do solo, deixando os nutrientes catiônicos mais livres em solução. Isso pode afirmar a capacidade dos ácidos húmicos disponibilizarem nutrientes na solo, fato que também foi observado por Cantos e Camargo (1999).

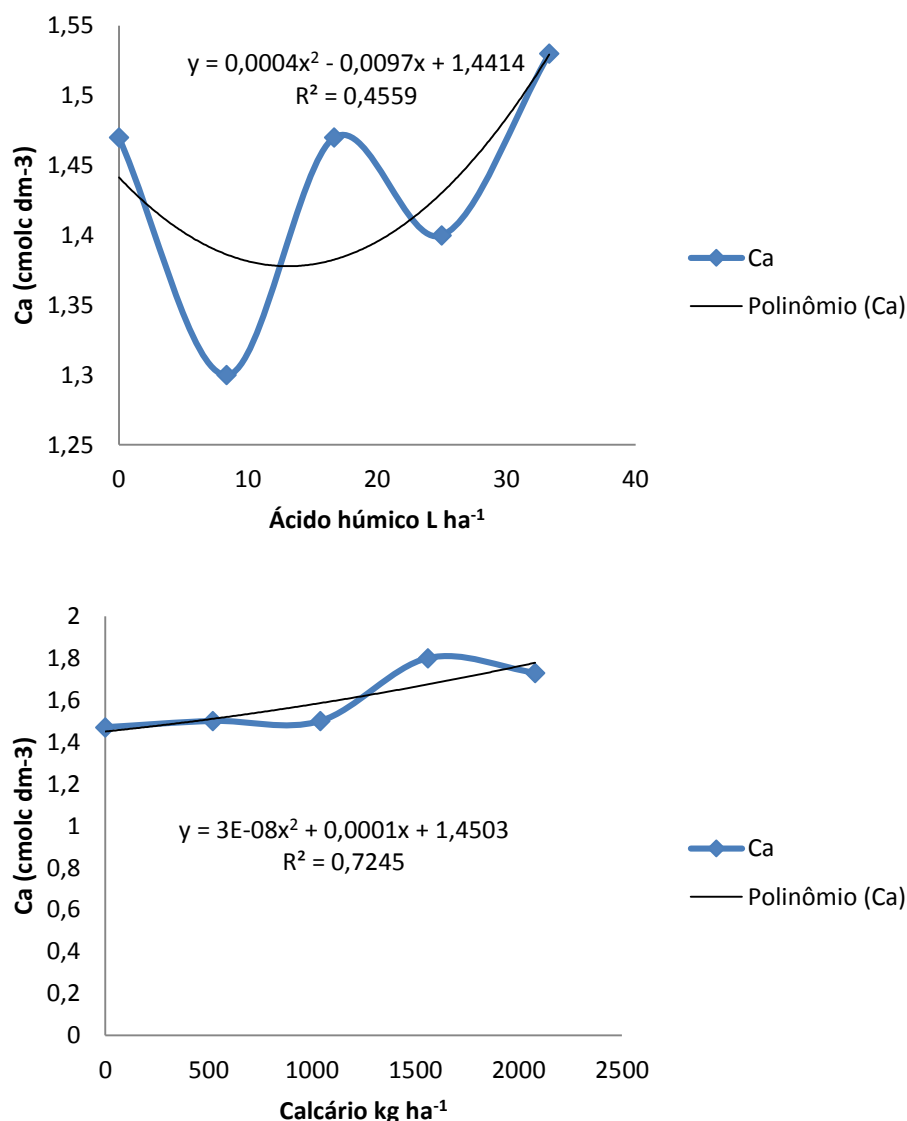


Figura 8. Valores médios de cálcio, em função de doses de ác. húmico e calcário.

A mesma interação observada na Figura 8 pode ter ocorrido novamente em relação ao teor médio de magnésio na Figura 9, onde observou-se valores similares em resposta as duas fontes em teste, mesmo o ácido húmico não possuindo esse nutriente em sua composição e o calcário apresentar 14,00% de MgO.

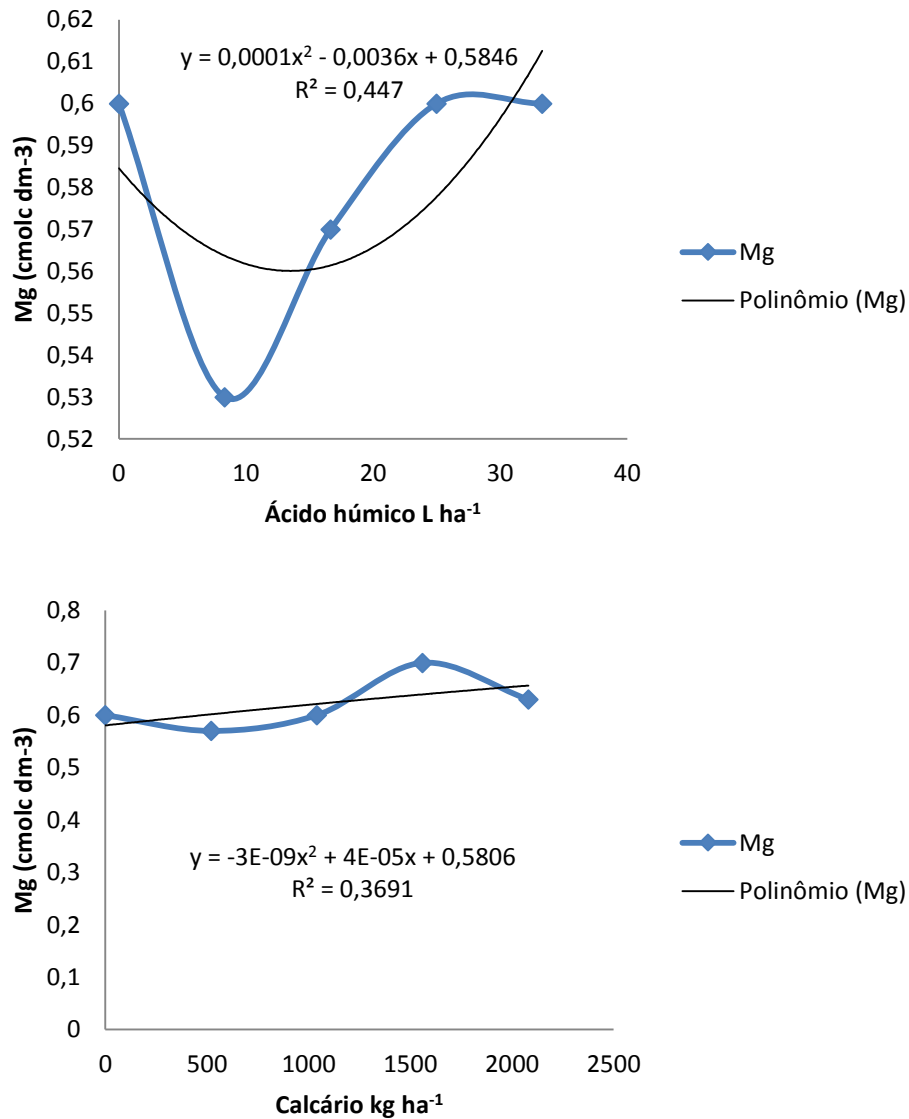


Figura 9. Valores médios de magnésio, em função de doses de ác. húmico e calcário.

Em relação a soma de bases, apesar das curvas terem tendências muito distintas os valores médios obtidos com a aplicação das fontes foram similar nas doses finais. As doses de ácido húmico representando um comportamento parabólico ilustrado pelo polinômio demonstram novamente a necessidade de testes em maiores doses da fonte.

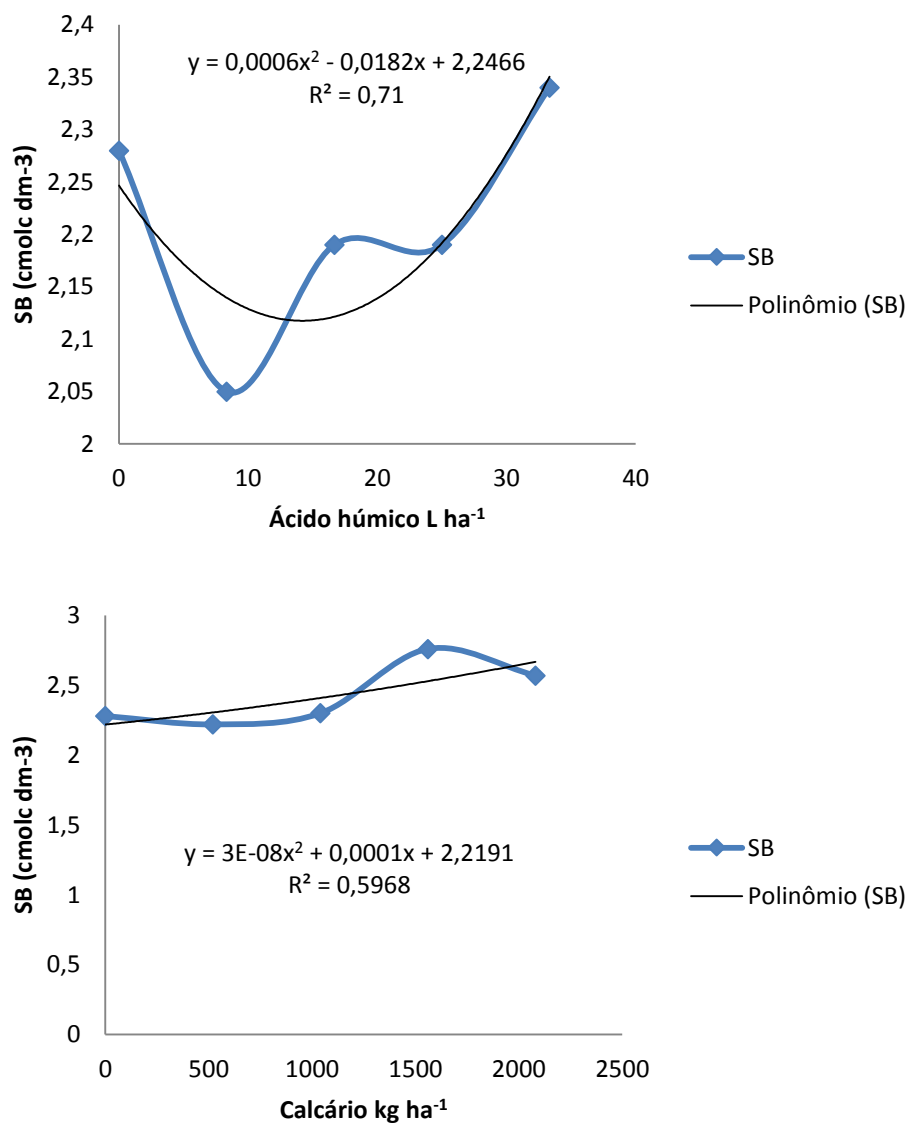


Figura 10. Valores médios de soma de bases, em função de doses de ác. húmico e calcário.

Segundo Figura 11, em relação a CTC efetiva observa-se novamente que apesar da tendência das curvas serem muito distintas os valores médios obtidos com a aplicação das fontes foram similar na maior dose do ácido húmico, apresentando equivalência á media dos tratamentos com calcário.

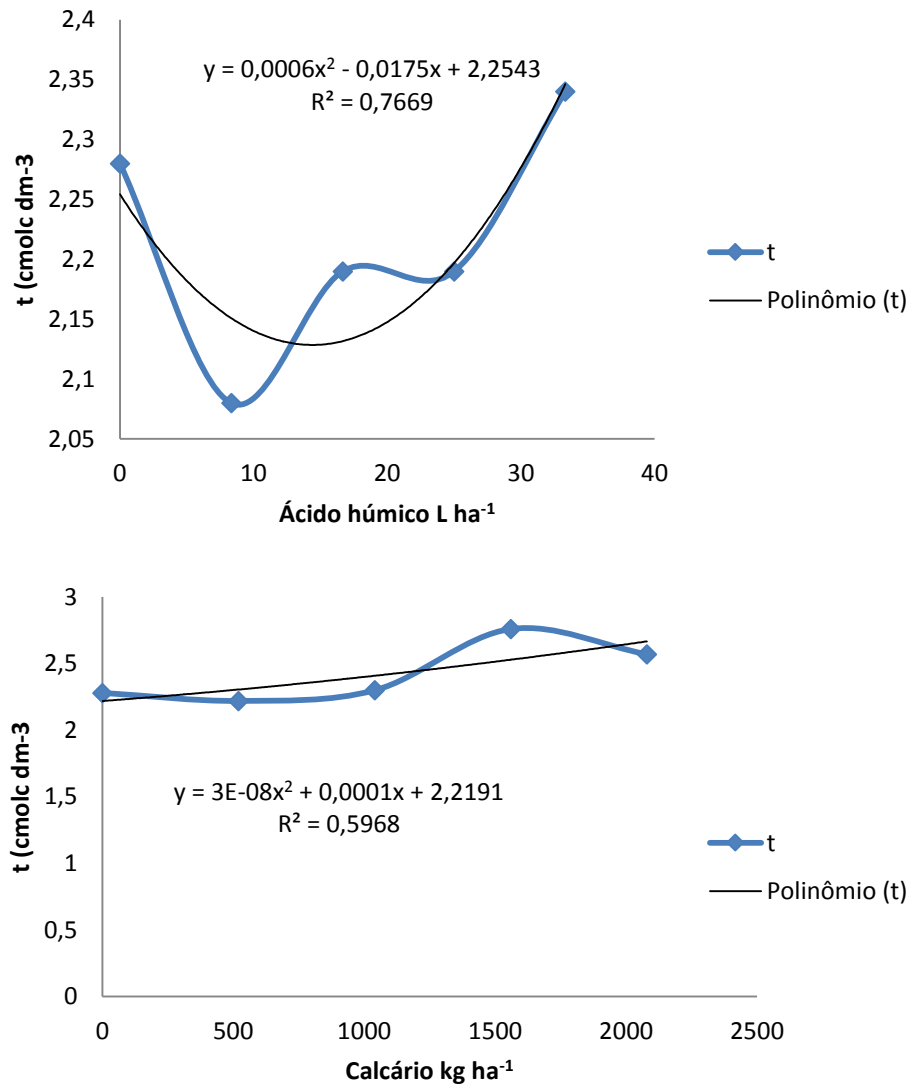


Figura 11. Valores médios de CTC efetiva, em função de doses de ác. húmico e calcário.



Na figura 12 observa-se que a fonte com ácido húmico não apresentou resposta positiva no incremento da CTC total do solo, ao contrário do calcário que apresentou uma crescente resposta em proporção a dose. Esse comportamento já era esperado, uma vez que a CTC total do solo é influenciada também pelas cargas geradas no  $Al^{3+}$ . Desse forma apenas o calcário por meio das hidroxilas tem a capacidade de precipitação direta desse alumínio e com isso o incremento direto na parâmetro CTC total. Já os ácidos húmicos tem propriedade de liberação de cargas negativas no sistema do solo, resultado observado também por Benites & Mendonça (1998), agindo neutralizando diretamente no hidrogênio reativo ( $H^+$ ) e dessa forma condicionando a CTC efetiva do solo.

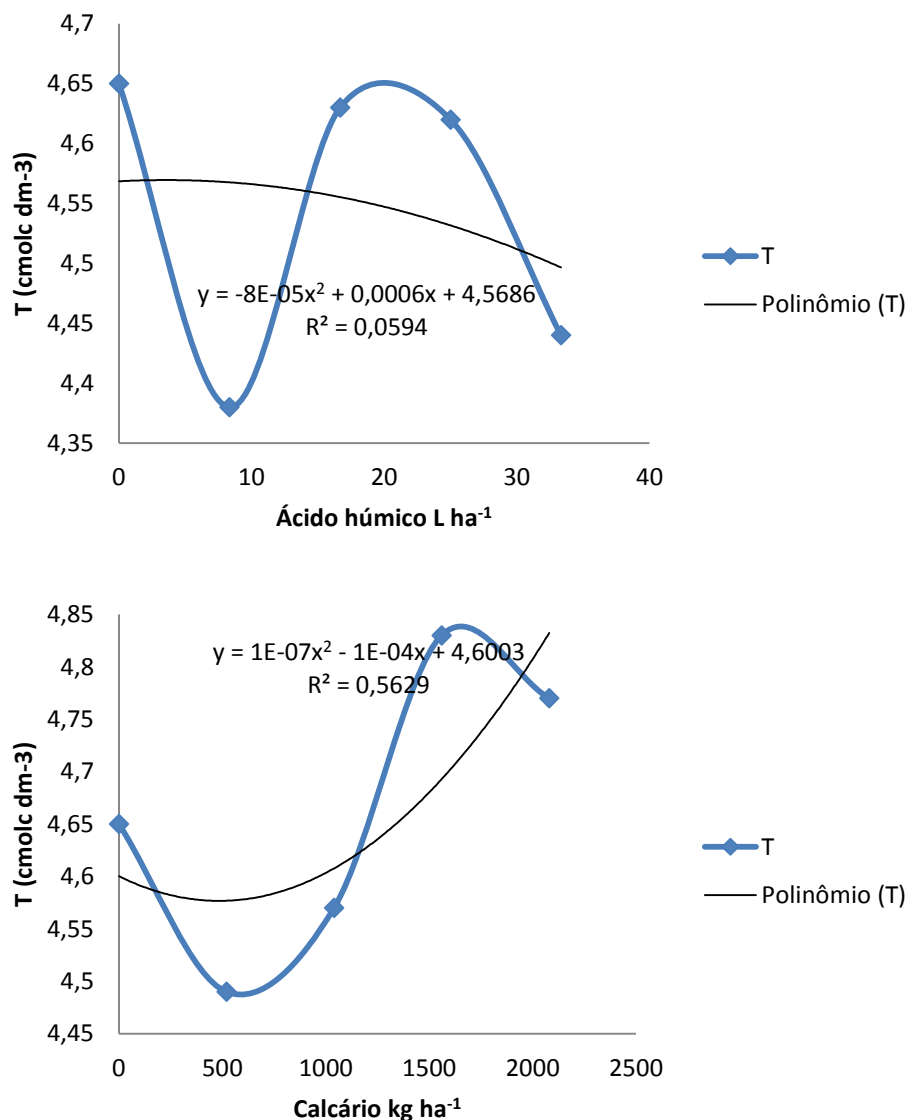


Figura 12. Valores médios de CTC total, em função de doses de ác. húmico e calcário.

Na saturação por bases ambas as fontes apresentaram melhora direta nesse atributo, sendo a fonte de ácido húmico com um comportamento parabólico, e a fonte de calcário com um comportamento tendendo ao crescimento linear. Esses resultados eram esperados em virtude da já observada resposta das fontes no acréscimo da disponibilidade das principais bases na solução do solo.

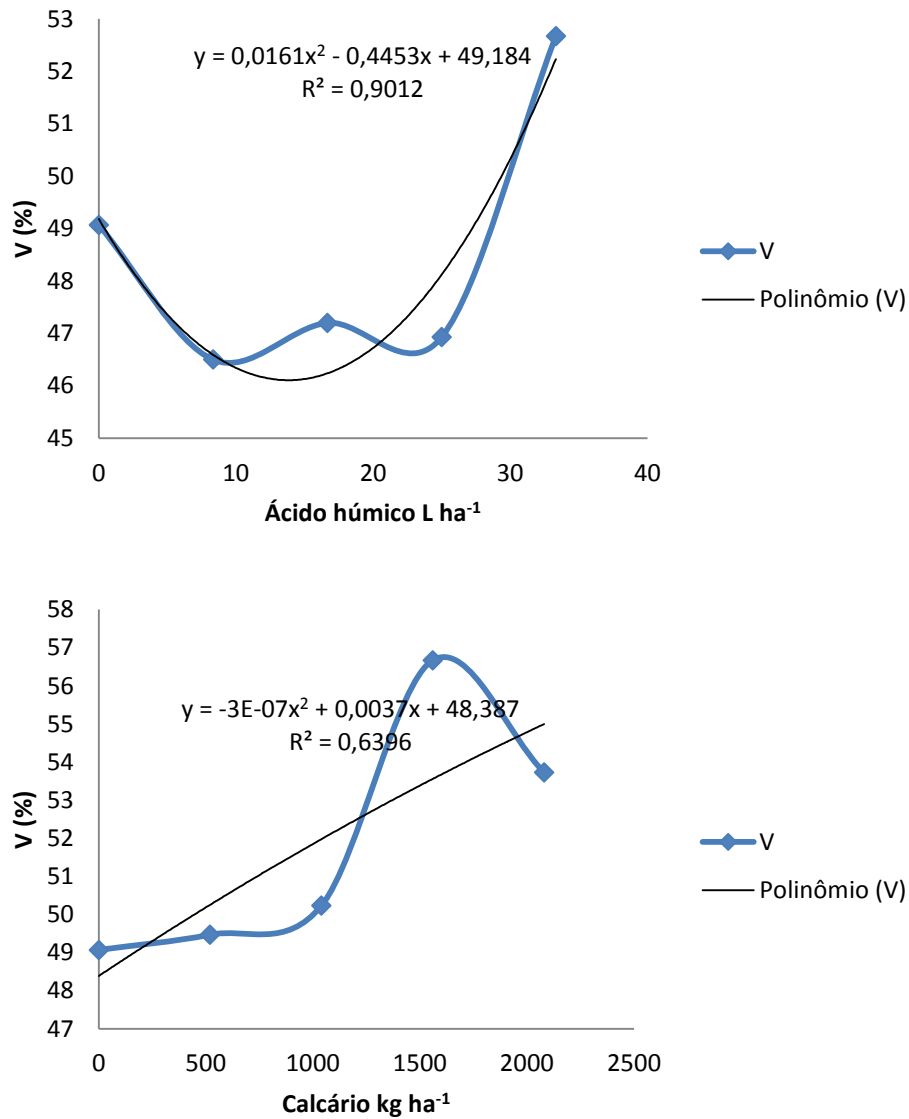


Figura 13. Valores médios de saturação por bases, em função de doses de ác. húmico e calcário.

Os resultados apresentados na Figura 14 a respeito da saturação por alumínio são reflexos dos teores praticamente nulos de alumínio observados na Figura 4.

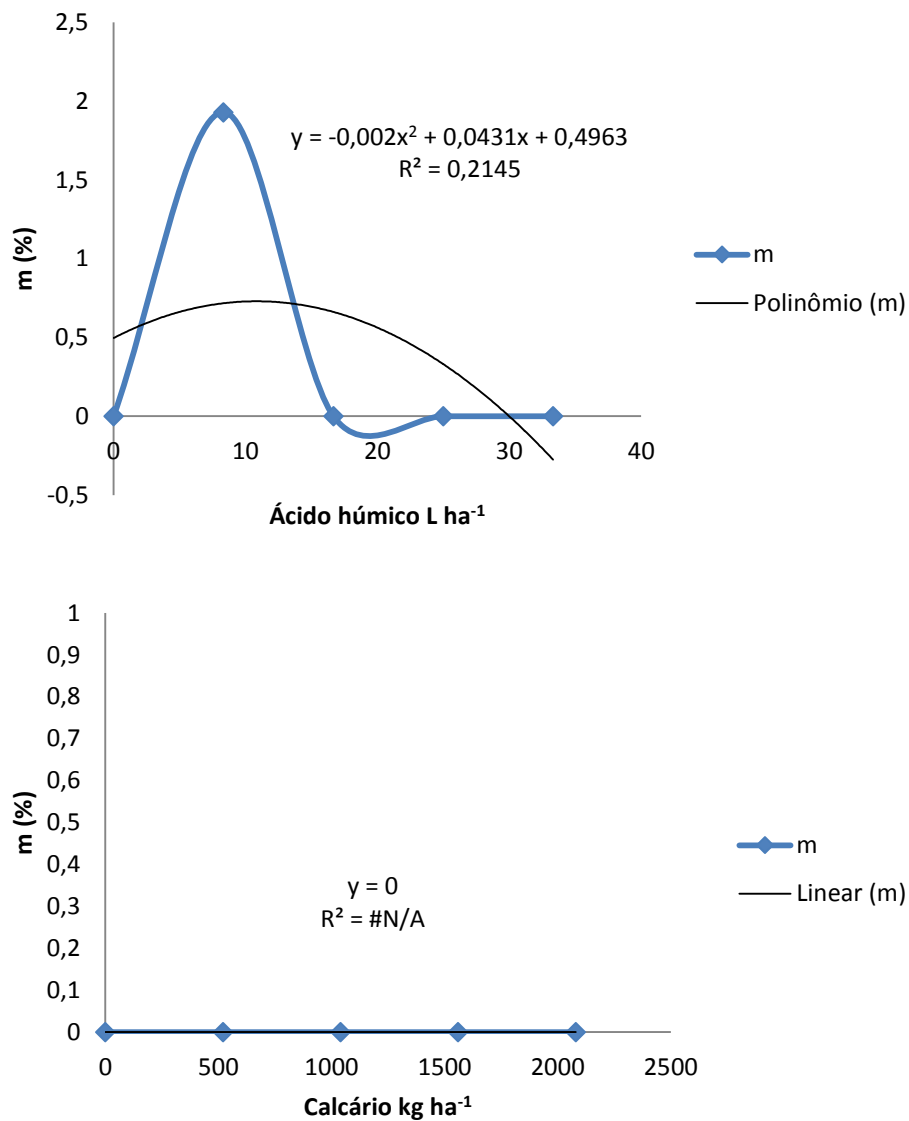


Figura 14. Valores médios de saturação por alumínio, em função de doses de ác. húmico e calcário.

Na relação Ca/Mg a fonte de calcário apresentou melhores teores médios com comportamento crescente em relação ao aumento de dose. Essa resposta não foi observada tão expressivamente no tratamento com ácido húmico devido à diferença de composições das fontes, uma vez que o calcário possui elevados teores de CaO e MgO.

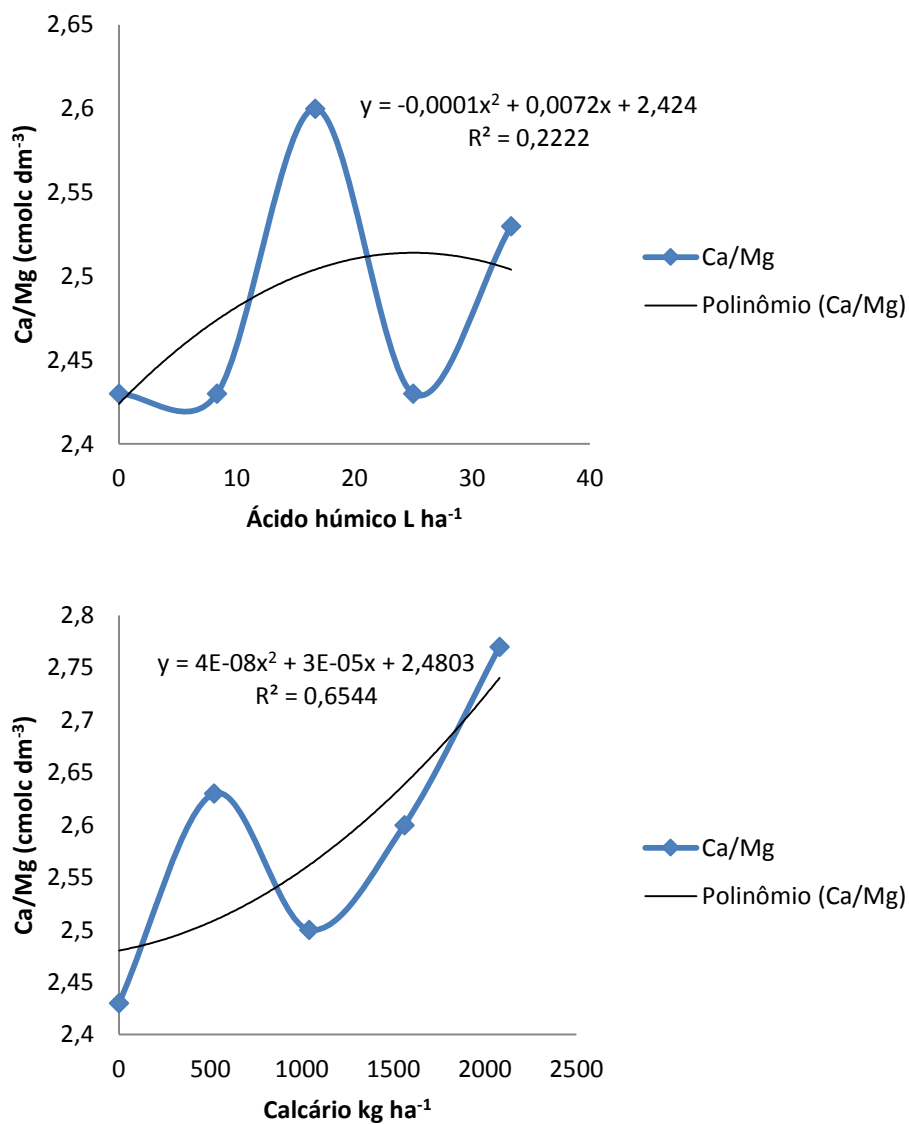


Figura 15. Relação entre os macronutrientes catiônicos, em função de doses de ác. húmico e calcário.

Para a proporção Ca/K ambas as fontes apresentaram boa resposta para acréscimo do teor médio. Essa boa relação macro nutricional é fundamental para um bom equilíbrio do solo. Para a correta disponibilidade dos macronutrientes, o equilíbrio de bases em relação à CTC Fo solo deve ser de 45% de Ca, 15% de Mg e 5% de K, que corresponde a proporção de 9:3:1 de Ca:Mg:K respectivamente (QUAGGIO, J. A 1991). Predispondo desse equilíbrio a relação Ca/K estão ideais, próximas de 9:1.

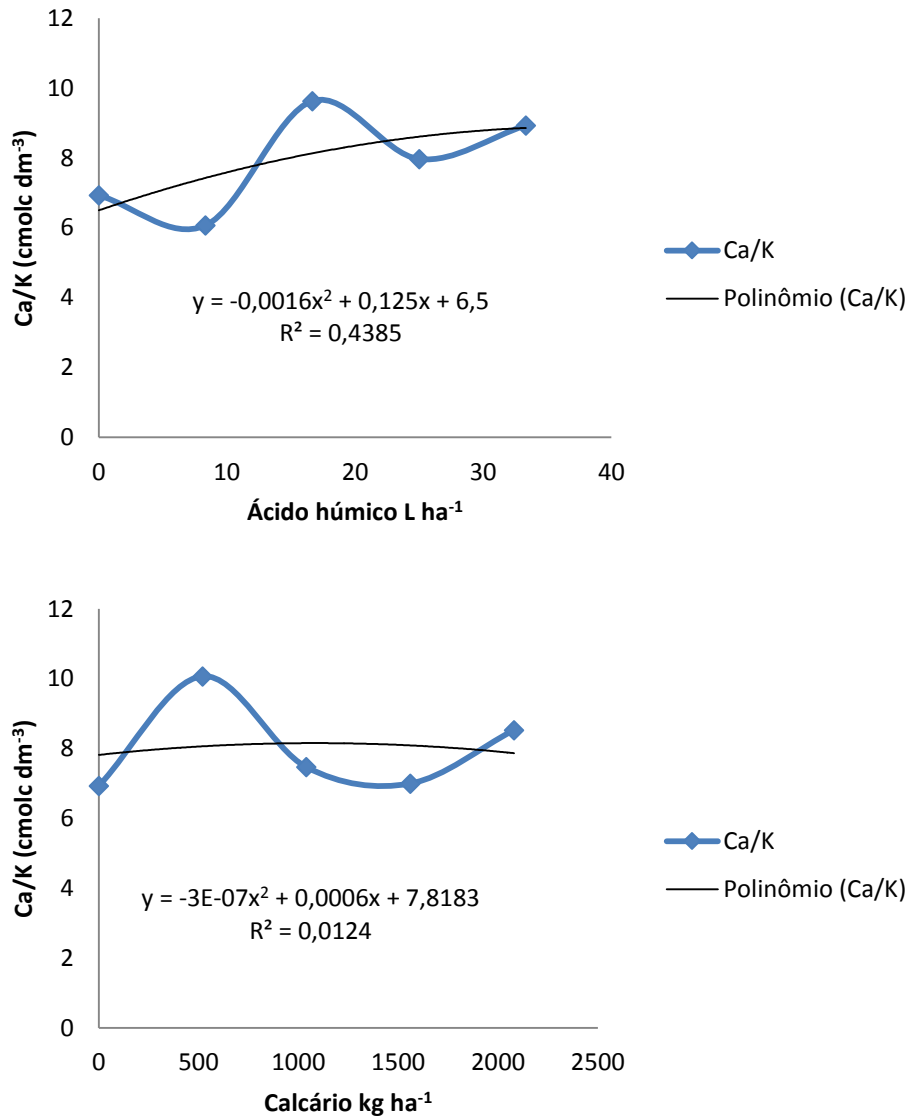


Figura 16. Relação entre os macronutrientes catiônicos, em função de doses de ác. húmico e calcário.

Para a proporção Mg/K ambas as fontes apresentaram boa resposta para acréscimo do teor médio, com proporção nutricional média adequada (3:1) ao principio do equilíbrio de bases na CTC do solo.

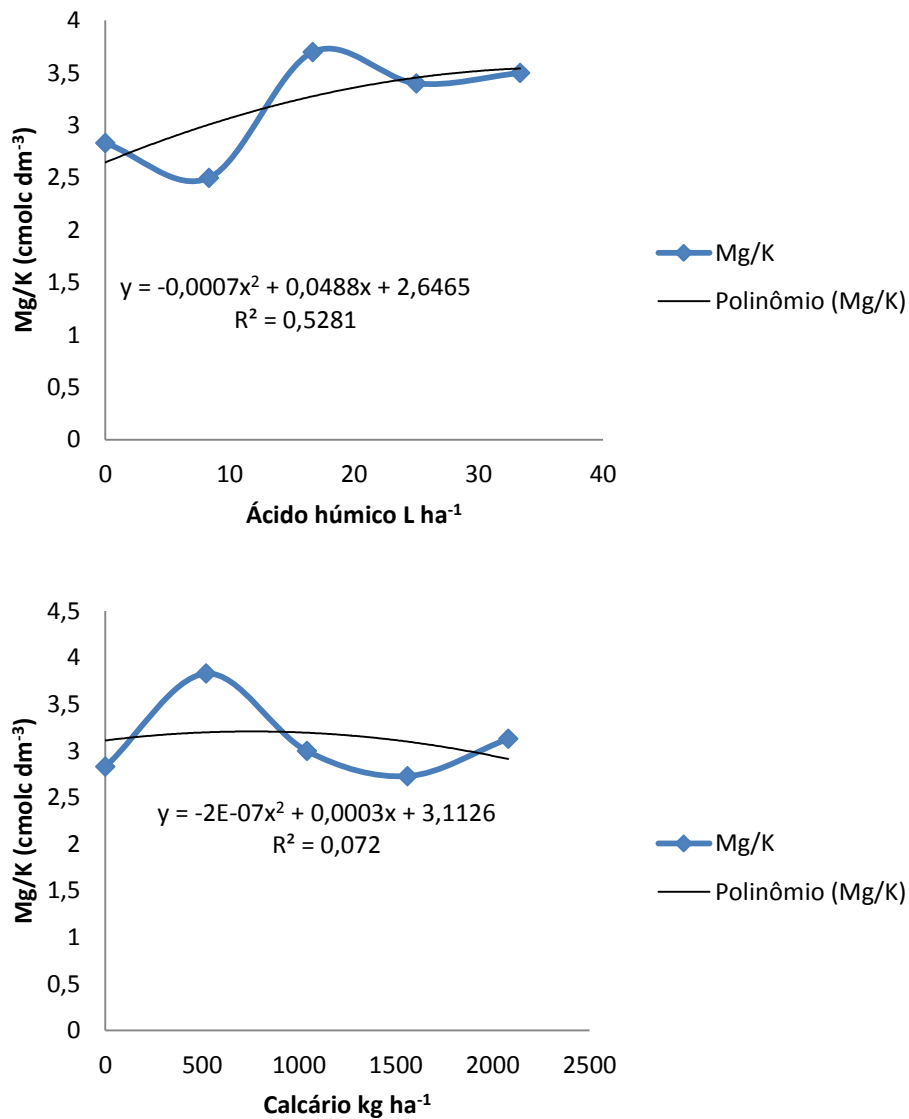


Figura 17. Relação entre os macronutrientes catiônicos, em função de doses de ác. húmico e calcário.

Para a proporção Ca+Mg/K ambas as fontes apresentaram boa resposta para acréscimo do teor médio, com proporção nutricional media adequada (12:1) ao principio do equilíbrio de bases na CTC do solo.

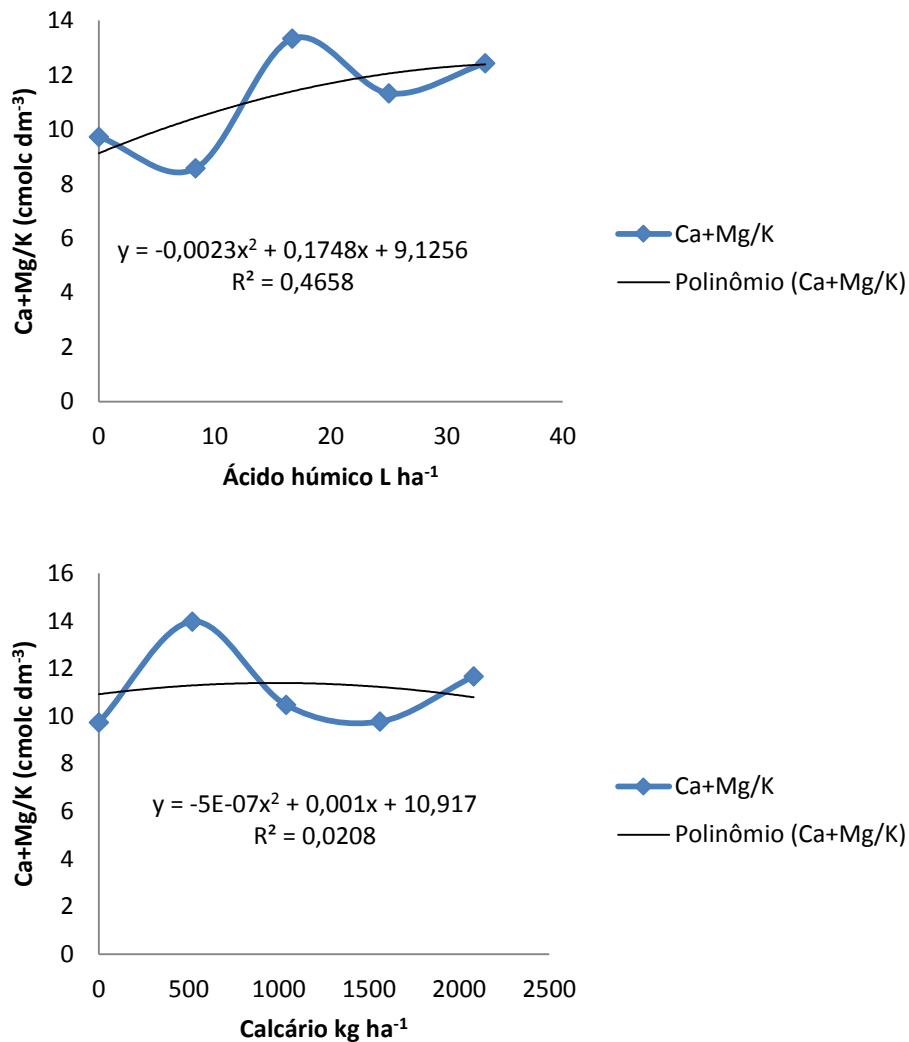


Figura 18. Relação entre os macronutrientes catiônicos, em função de doses de ác. húmico e calcário.

Segundo Figura 19, a proporção de cálcio ocupada na CTC total do solo aumentou progressivamente com o uso das duas fontes em teste. Essa resposta ocorre possivelmente devido ao aumento da disponibilidade do nutriente no solo em ambos os tratamentos conforme observado na Figura 8, demonstrando uma positiva resposta dos ácidos húmicos na disponibilização de nutrientes se equiparando ao calcário que é uma fonte rica em cálcio.

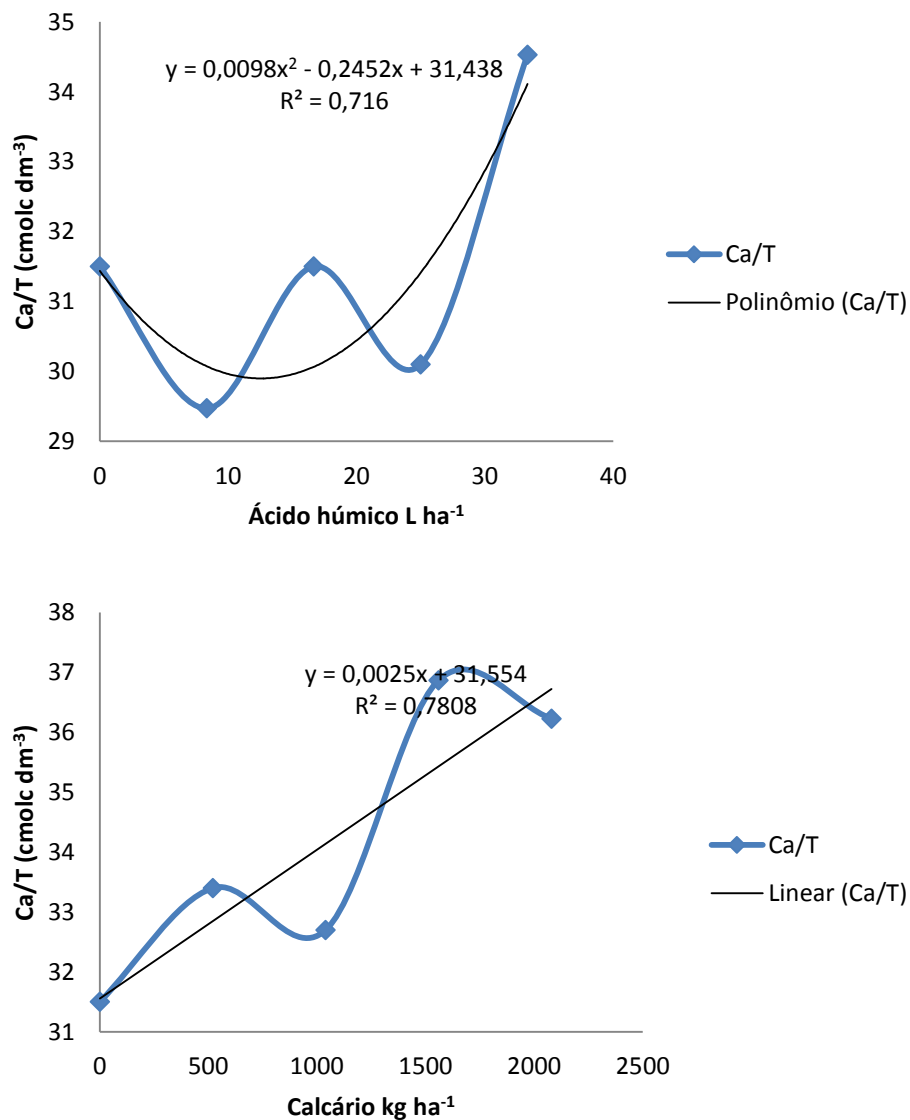


Figura 19. Proporções entre os elementos catiônicos e CTC total, em função de doses de ácido húmico e calcário.



Segundo Figura 20, a proporção de magnésio ocupada na CTC total do solo aumentou progressivamente com o uso das duas fontes em teste. Essa resposta ocorre possivelmente devido ao aumento da disponibilidade do nutriente no solo em ambos os tratamentos conforme observado na Figura 9, demonstrando uma positiva resposta dos ácidos húmicos na disponibilização de nutrientes se equiparando ao calcário que é uma fonte rica em magnésio.

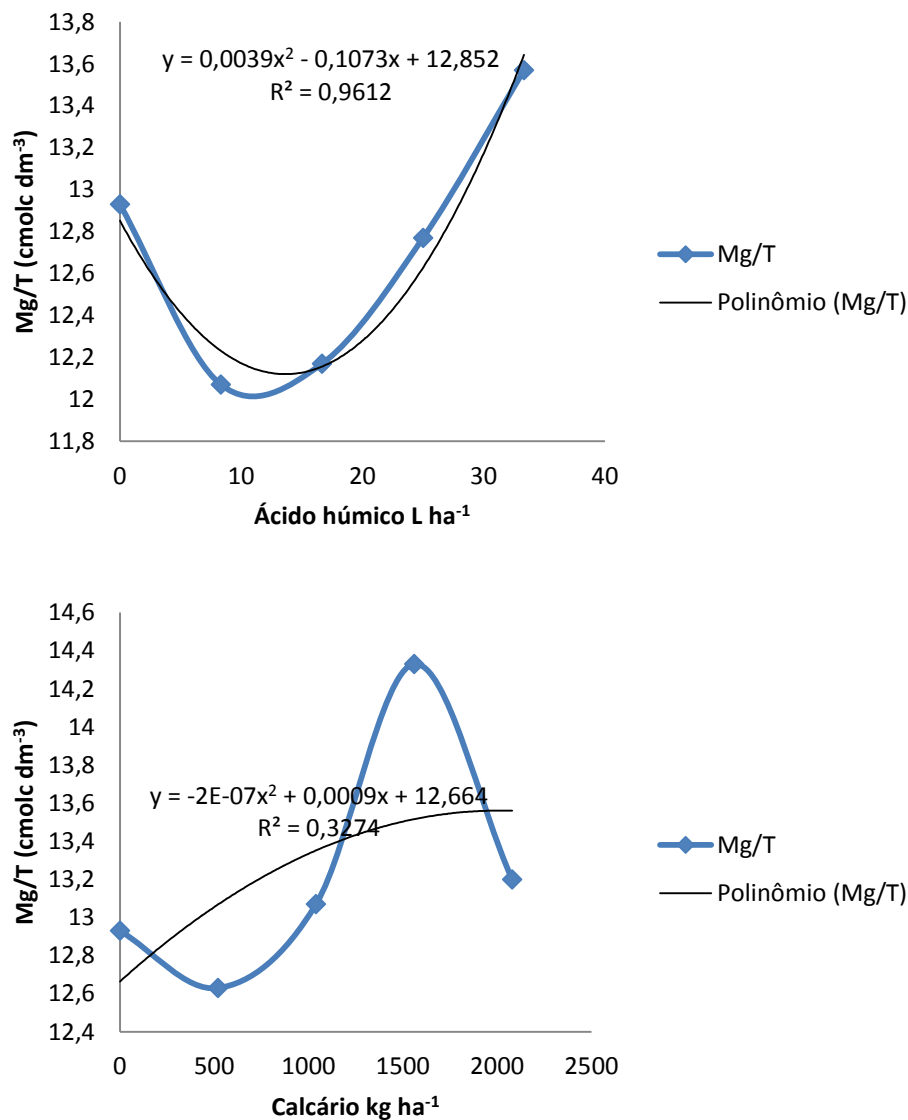


Figura 20. Proporções entre os elementos catiônicos e CTC total, em função de doses de ácido húmico e calcário.

A proporção de potássio ocupada na CTC total do solo apresentou respostas similares nas duas fontes comparadas, não diferindo muito entre os tratamentos e entre doses. Todos os valores apresentados para esse nutriente nas duas fontes em teste (5% da CTC total), encontram-se em teor adequado para o cultivo das maiorias das culturas agrícolas segundo o principio do equilíbrio de bases na CTC do solo.

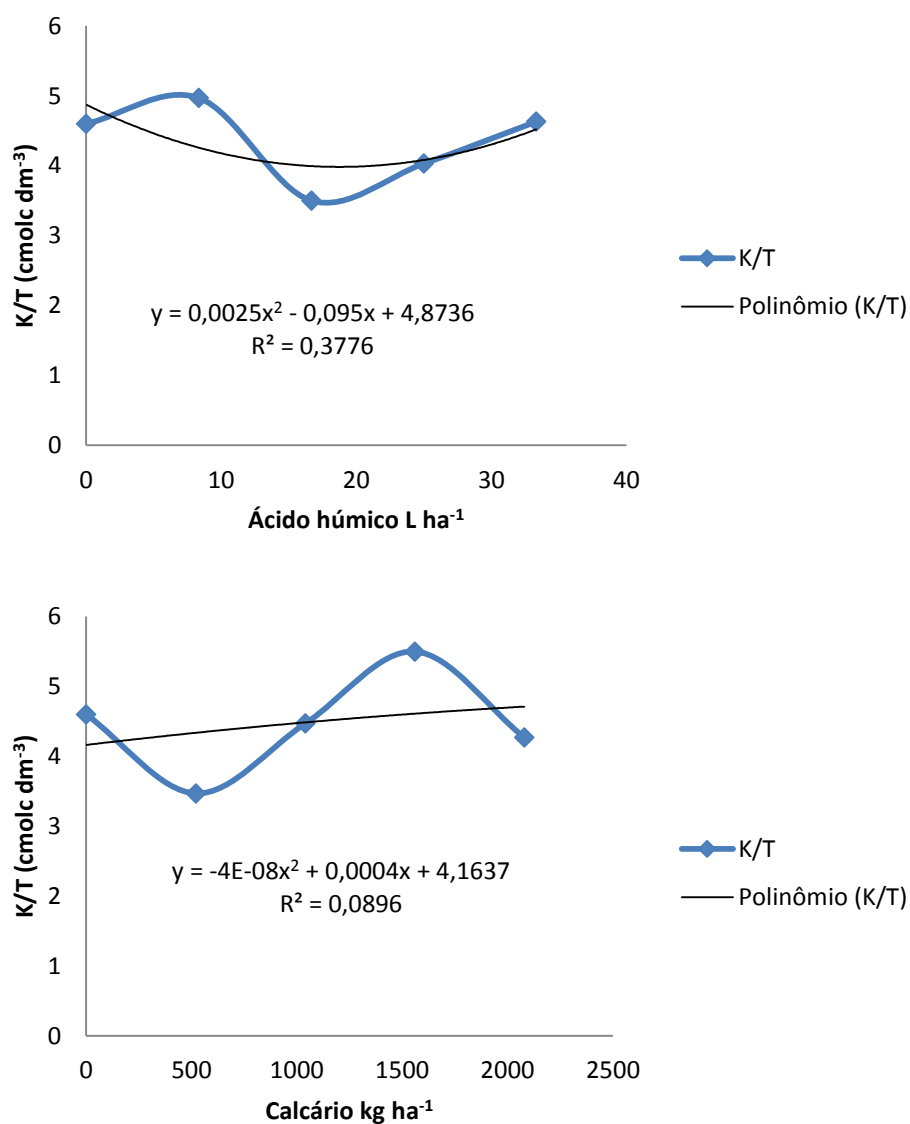


Figura 21. Proporções entre os elementos catiônicos e CTC total, em função de doses de ácido húmico e calcário.

A proporção de alumínio ocupada na CTC total do solo tende a zero nas duas fontes testadas. Essa interação é justificada pelas figuras 4 e 14, onde os teores médios de alumínio do solo e a saturação de alumínio seguiram a mesma resposta.

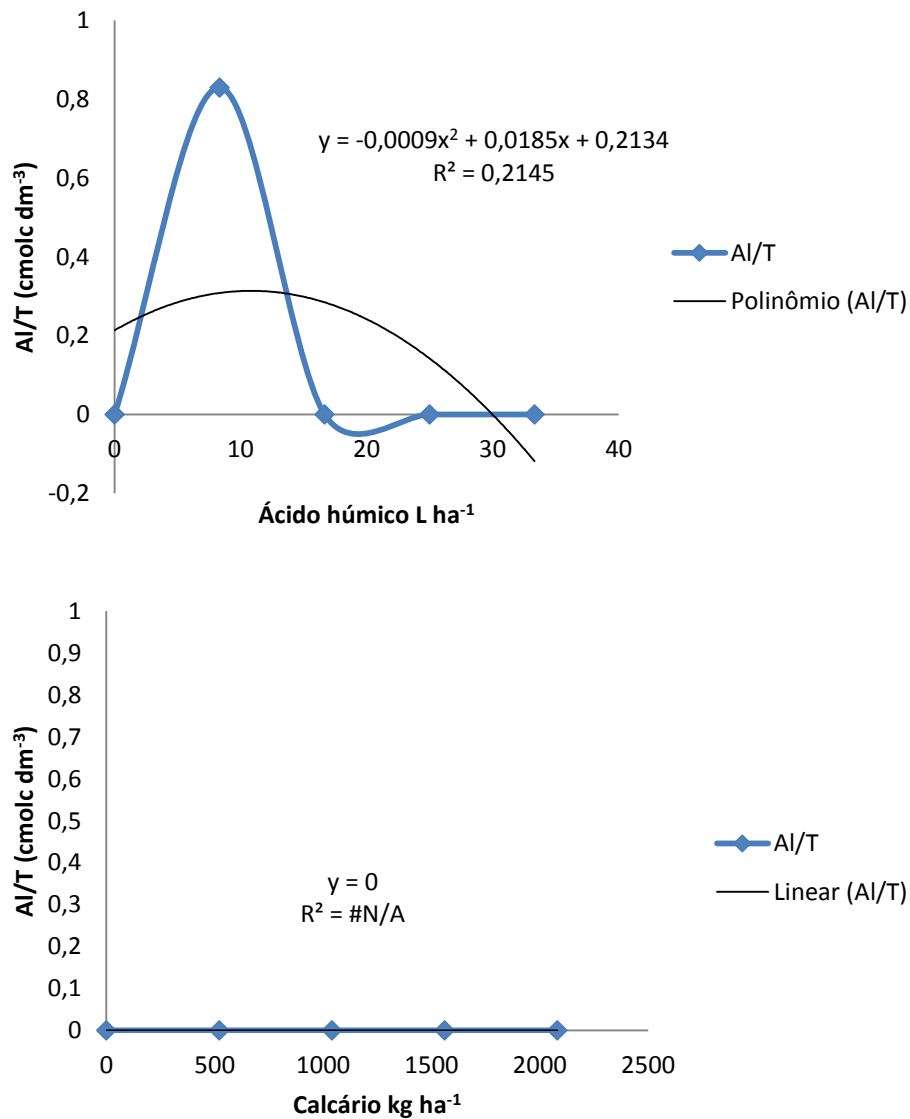


Figura 22. Proporções entre os elementos catiônicos e CTC total, em função de doses de ácido húmico e calcário.

Observa-se na Figura 23 que ambas as fontes tiveram resposta crescente na diminuição do teor médio de acidez potencial ocupada na CTC total do solo. A resposta do ácido húmico foi otimizada em sua maior dose, evidenciando a necessidade de novos testes com doses progressivas. O tratamento com calcário apresentou melhor resultado devido à capacidade de oxidação do alumínio reativo pelas hidroxilas.

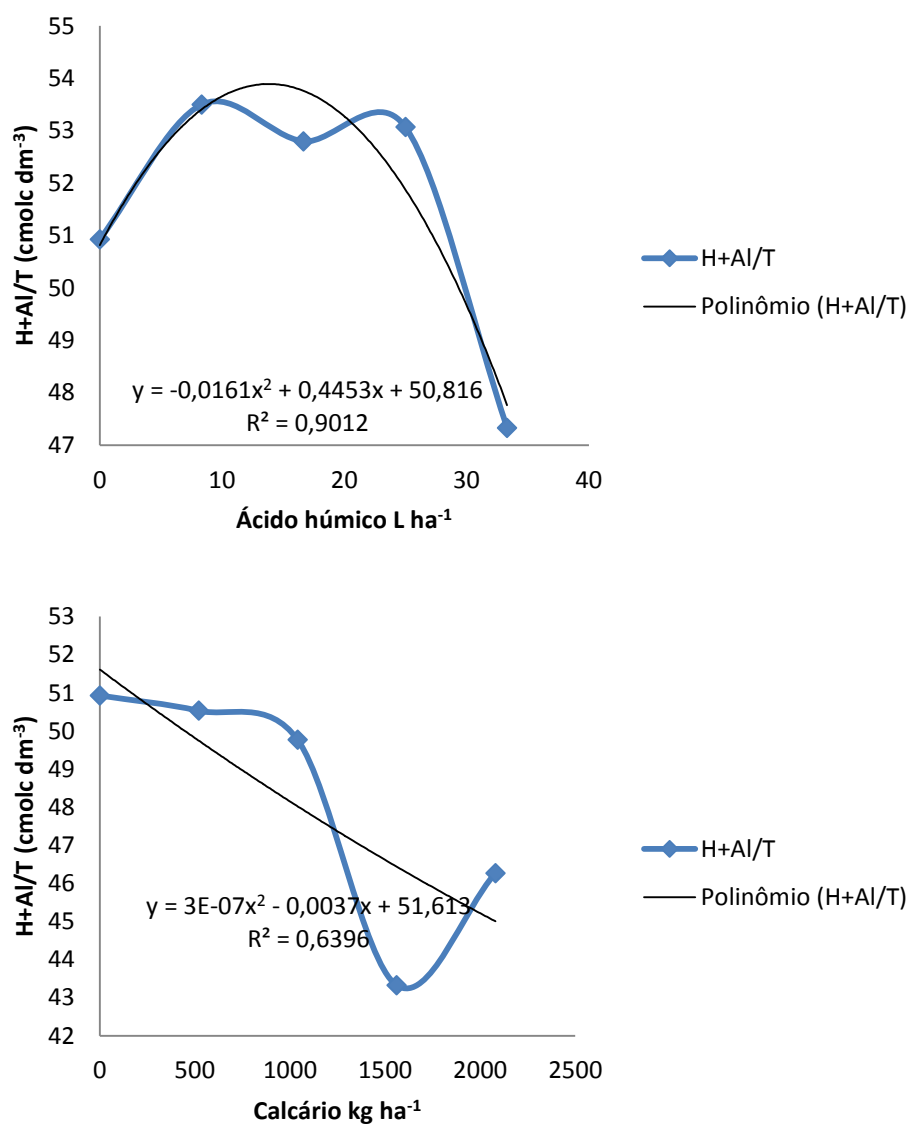


Figura 23. Proporções entre os elementos catiônicos e CTC total, em função de doses de ácido húmico e calcário.

Os valores médios obtidos na Figura 24, com a aplicação das fontes foram similar, apresentando acréscimo progressivo nos dois tratamentos. Esse interação é diretamente justificada nas Figuras 8 e 9, onde as curvas descritas para teores de Ca e Mg seguem mesmo padrão.

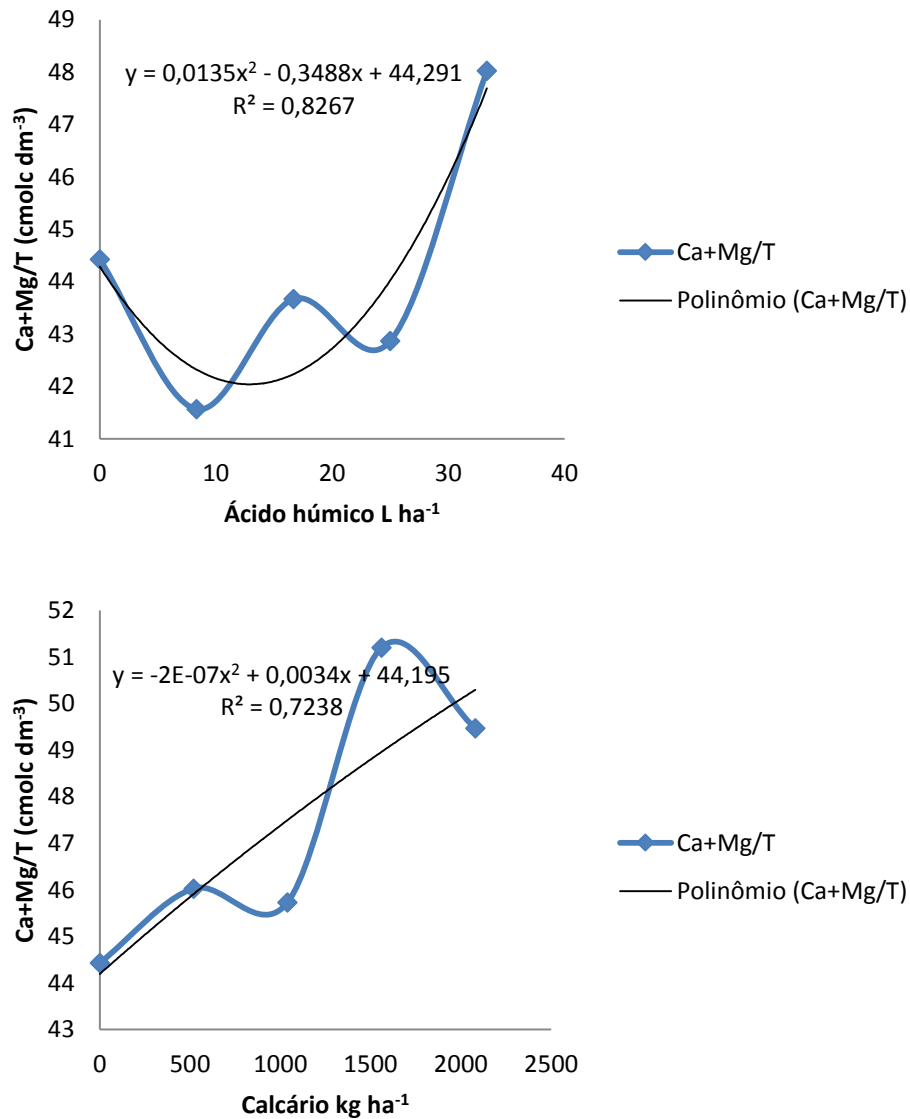


Figura 24. Proporções entre os elementos catiônicos e CTC total, em função de doses de ácido húmico e calcário.

Na relação total dos elementos catiônicos ocupados na CTC do solo as duas fontes apresentaram um acréscimo gradativo geral, porém com alguma contribuição maior de alguns elementos como por exemplo o Ca e o Mg, e com contribuições menos significativas como o caso do potássio. A melhor resposta do ácido húmico para esse parâmetro também foi obtida na maior dose de teste em uma curva abruptamente crescente, demonstrando que provavelmente maiores doses da fonte pode gerar interessantes resultados.

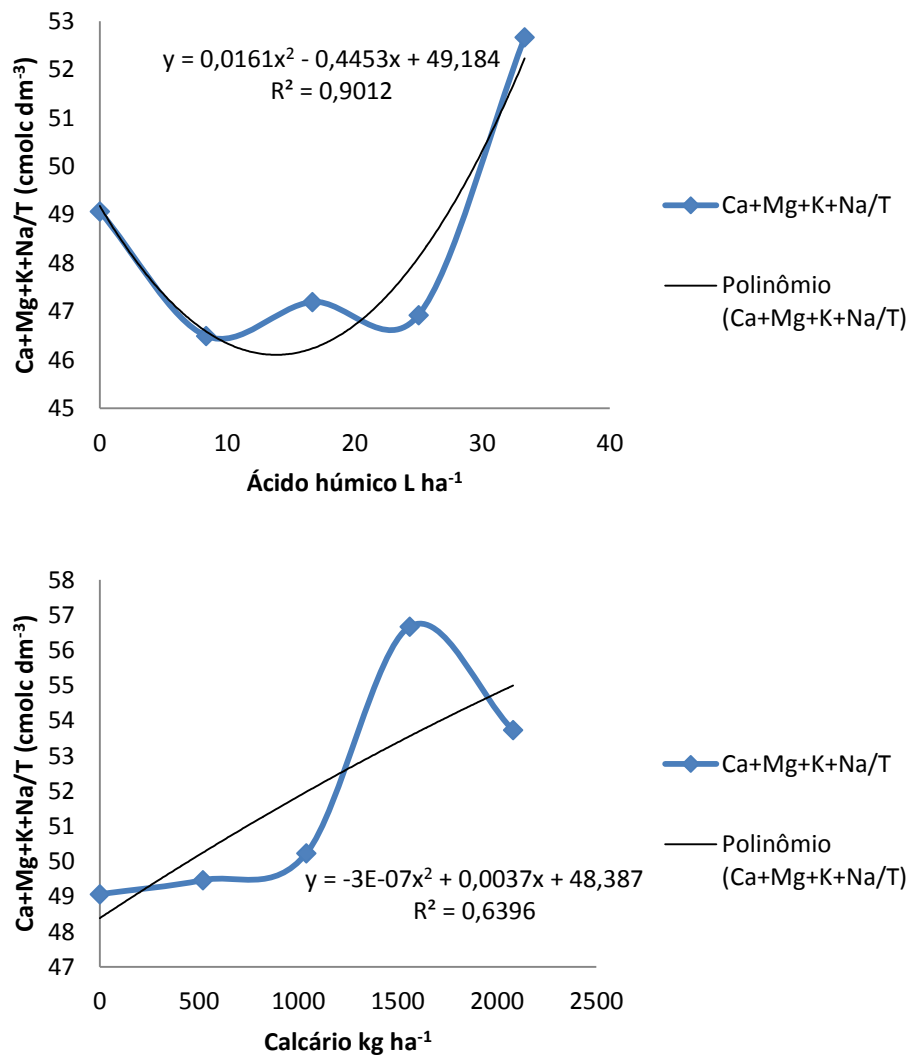


Figura 25. Proporções entre os elementos catiônicos e CTC total, em função de doses de ácido húmico e calcário.

## 5. CONCLUSÕES

A utilização de ácidos húmicos no plantio de soja cruzada, apresentou respostas significativas, na sua maior dose testada, 33,32 L ha<sup>-1</sup>, nos valores de pH, valores médios de Ca, soma de bases, CTC efetiva, saturação de bases e proporções entre os elementos catiônicos e CTC (Ca; Ca+Mg; Ca+Mg+K+Na), como condicionante dos atributos químicos do solo.

O ácido húmico pode ser uma alternativa para aumentar a CTC do solo, em situações de pH alcalino evitando a supercalagem.

Novos testes com maiores doses do produto podem apresentar promissores resultados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUN, G. **Pouvoir complexant des matières humiques effets sur l'alimentation minerale des vegetaux**, Toulouse, France, Institut National Polytechnique de Toulouse, Specialite: Traitement des matières premières vegetales, 1993, 139 p, Thèse (doctorat).

BENITES, V. M. & MENDONÇA, E. S.; **PROPRIEDADES ELETROQUÍMICAS DE UM SOLO ELETROPOSITIVO INFLUENCIADAS PELA ADIÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA**. R. Bras. Ci. Solo, 22:215-221, 1998

BENITES, V. M.; BETTA, M.; ROJAS, E. P.; SOARES, L. C. S.; FRANCHINI, J. C.; HERNANI, L. C.; TAVARES, S.; ESCALEIRA, V.; **Avaliação do efeito de aplicação foliar de soluções contendo ácidos húmicos sobre a produtividade e a absorção de nutrientes pela soja**, 2006.

Disponível

em:

<<http://www.conab.gov.br/conteudos.php/.../docS/conteudos.php?a=1253>,>  
>Acesso em 13 de dezembro de 2013.

EGLI, D. B. **Mechanisms responsible for soybean yield response to equidistant planting patterns**. Agronomy Journal, Madison, v. 86, n. 6, p. 1046-1049, 1994.

ENDRES, V. C. **Espaçamento, densidade e época de semeadura**. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste (Dourados, MS). Soja: recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Dourados, 1996. p. 82-85. (Circular Técnica, 3).

FILHO, A. V. S.; SILVA, M. I. V.; **Importância das Substâncias Húmicas para a Agricultura**. CODA S.A, 2002.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, p. 429, 1985.

MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Princípios e aplicações. 2. Ed. Piracicaba: POTAFOS, P. 319, 1997.

O'DONNELL, R. W. **The auxin-like effects of humic preparations from leonardite**. Soil, New Brunswick, v. 116, n. 2, p. 106-112, 1973.

QUAGGIO, J. A. **Respostas da laranjeira Valência (*Citrus limonia* L., Osbeck) à calagem e ao equilíbrio de bases num Latossolo Vermelho Escuro de textura argilosa**. Piracicaba, 1991, 107 p. (Doutorado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP)



SANCHES, M. J. **Desafio Nacional de Máxima Produtividade safra 2009/2010 – Revista Cultivar**, 2010.

SANDERS, D. S.; RICOTTA, J. A.; HODGES, L. **Improvement of carrot stands with plant biostimulants and fluid drilling. Hortscience, St Joseph**, v. 25, n. 2, p. 181-183, 1990.

SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, p. 69-90, 1999.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions. 2nd ed. New York: Wiley**, 1934, 496p.

TAN, K. H. **Humic matter is soil and environment: Principles and controversies**. New York: Marcel Dekker, p. 386, 2003.

VARANINI, Z.; PINTON, R.; DE BIASE, M. G.; ASTOLFI, S.; MAGGIONI, A. **Low molecular weight humic substances stimulate H<sup>+</sup>-ATPase activity of plasma membrane vesicles isolated from oat (*Avena sativa* L.) roots. Plant and Soil**, Dordrecht, v. 153, p. 61-69, 1993.

VASCONCELOS, A. C. F.; **Uso de bioestimulantes nas culturas de milho e soja**. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Piracicaba, 2006.

VAUGHAN, D. & MALCOLM, R.E. (Eds). **Solo, matéria orgânica e atividade biológica**. Martinus. Nijhoff/ Dr. Junk Ed: Dordrecht. 1985.