



## Dinâmica da sazonalidade e atributos físicos e químicos de solos em lixão a céu aberto no Sul do Amazonas

*Dynamics of seasonality and physical and chemical attributes of soils in an open dumping ground in Southern Amazon*

*Juliana Malta de Assis<sup>1</sup>, Elilson Gomes de Brito Filho<sup>2</sup>, Milton César Costa Campos<sup>3</sup>, Wildson Benedito Mendes Brito<sup>4</sup>, Thalita Silva Martins<sup>1</sup>, Alan Ferreira Leite de Lima<sup>4</sup>, Anderson Vieira Rodrigues<sup>1</sup>, Elyenayra Nogueira Pinheiro<sup>5</sup>*

**RESUMO:** O aumento na produção de resíduos sólidos e disposição inadequada destes resíduos em lixões representa um dos principais problemas relacionados a fatores ambientais que ocorre em diversos municípios brasileiros, causando a contaminação do solo decorrente desse aumento. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi quantificar os atributos físicos e químicos do solo em uma área do lixão, na cidade de Humaitá (AM). Foram escolhidos seis perfis de forma aleatória no entorno de toda a área do lixão, em seguida foram coletadas amostras de solos nos períodos seco e chuvoso do ano (2018), nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40; 0,40-0,50 m, totalizando 30 amostras no final de cada período (seco e chuvoso). Em seguida, foram realizadas análises físicas: textura, densidade, macroporosidade, microporosidade, volume total de poros, umidade e resistência do solo a penetração; e químicas: pH em água, alumínio trocável, acidez potencial, carbono orgânico, estoque de carbono, fósforo e potássio disponível. A produção de compostos orgânicos tende a ser maior no período seco, logo uma atenção a ações que visem a mitigação desse fenômeno deve ser dada visando menor impacto ambiental no solo e prevenindo que alcance lençóis freáticos por meio de lixiviação durante o período chuvoso, considerando o intenso regime hídrico no Estado do Amazonas.

**Palavras-chave:** Impactos ambientais. Precipitação. Resíduos sólidos.

**ABSTRACT:** Increase in the production of solid wastes and their inadequate disposal in dumping grounds are the main issues related to environmental factors constant in many Brazilian municipalities, with increasingly soil contamination. Current research quantifies the physical and chemical attributes of soil in a dumping ground in Humaitá AM Brazil. Six profiles were chosen at random around the dumping ground and soil samples were collected during the dry and wet periods (2018) at layers 0.00-0.10; 0.10-0.20; 0.20-0.30; 0.30-0.40; 0.40-0.50 m, with a total of 30 samples at the end of each period (dry and rainy). Further, physical analyses were undertaken: texture, density, macroporosity, microporosity, total volume of pores, humidity and soil resistance to penetration; chemical analyses comprised pH in water, aluminum exchange, potential acidity, organic carbon, available carbon, phosphorus and potassium stock. The production of organic compounds is greater during the dry period. A warning should be raised for activities that mitigate the phenomenon for a smaller environmental impact on the soil and thus preventing that this reaches the water layers through leeching during the rainy period within the context of the Amazon's hydric regime.

**Keywords:** Environmental impacts. Rainfall. Solid wastes.

---

**Autor correspondente:**

Elilson Gomes de Brito Filho: [bfsambiente@gmail.com](mailto:bfsambiente@gmail.com)

Recebido em: 28/08/2020

Aceito em: 28/08/2021

---

<sup>1</sup> Graduando de Agronomia pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Integrante do Grupo de Pesquisa Solos e Ambiente Amazônico, Humaitá (AM), Brasil.

<sup>2</sup> Graduando em Agronomia pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA-UFPB), Integrando Grupo de Pesquisa Solos e Paisagem, Areia (PB), Brasil.

<sup>3</sup> Doutor em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFPE). Professor Associado III do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do CCA/UFPB, Areia (PB), Brasil.

<sup>4</sup> Mestres em Agronomia Tropical pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus (AM), Brasil.

<sup>5</sup> Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Humaitá (AM), Brasil.

## INTRODUÇÃO

Estima-se que no Brasil são produzidas diariamente mais de 200 mil toneladas de resíduos sólidos, sendo que desse total 90,4% passam por um sistema de coleta pública, porém, apenas 58,26% possuem uma destinação final adequada, e o restante é encaminhado a lixões ou aterros controlados (ALBUQUERQUE *et al.*, 2020). De todos os municípios do país, apenas 62,1% apresentam algum tipo de iniciativa de coleta seletiva, ou seja, indo contra ao estipulado na política nacional de resíduos sólidos (CONKE; NASCIMENTO, 2018).

De acordo com Marques (2011), devido ao relevante crescimento da produção de resíduos sólidos e sua concentração no espaço marcado pela urbanização, as chances de aproveitamento dos resíduos pelo ambiente diminuem. Dessa forma, a poluição destes compartimentos ambientais pode atingir diferentes níveis de contaminação, afetando o meio antrópico e biológico.

Segundo Wiszniowski *et al.* (2006) e Mendonça (2010), na ausência de triagem dos resíduos sólidos oriundos das atividades cotidianas da população esses são depositados para decomposição diretamente gerando características peculiares ao chorume do local, além de produção comum de compostos orgânicos (ácidos graxos voláteis, compostos húmicos e fúlvicos, compostos orgânicos xenobióticos e metano).

Essas ações promovem alterações nos atributos físicos (estrutura, porosidade, densidade do solo e infiltração de água) e químicos (pH em água, teores de Ca, Mg, P disponíveis e carbono orgânico) do solo (OLIVEIRA, 2005). E em casos mais graves podem provocar a degradação do solo, além da perda da estabilidade da estrutura, redução da matéria orgânica, diminuição da atividade e diversidade de organismos, bem como prejudicar a saída de nutrientes por acúmulo de elementos tóxicos no solo (MAGALHÃES, 2005).

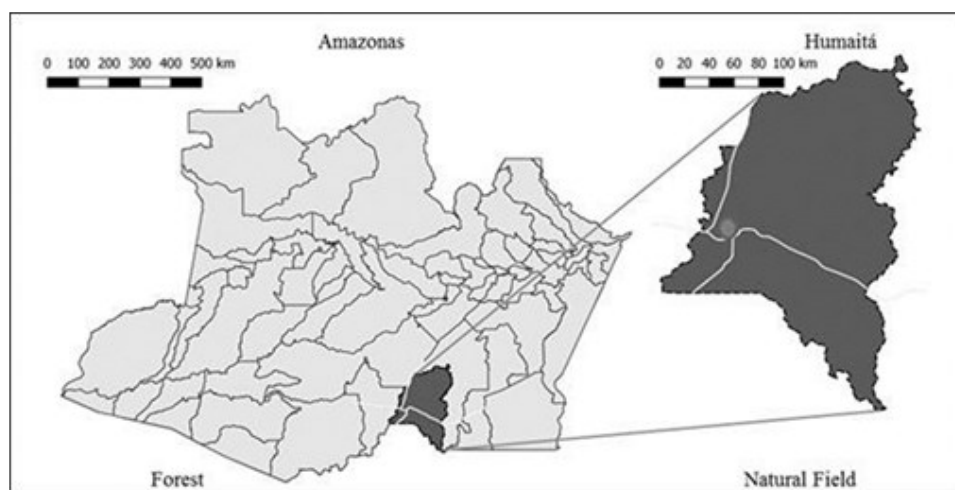
Nesse sentido, o monitoramento e a avaliação da dinâmica dos atributos do solo em função da deposição de resíduos sólidos urbanos tornam-se fundamentais, pois possibilitam a aquisição de parâmetros que permitam estimar o impacto ambiental da atividade e, assim, propor possíveis medidas mitigadoras (MARQUES, 2011). Além do monitoramento, o uso de atributos indicadores também auxilia no fornecimento de informações sobre tais impactos ambientais, sendo comum o uso tanto de indicadores físicos como químicos. Geralmente, os indicadores físicos trazem informações sobre processos hidrológicos, principalmente os que influenciam o suprimento e armazenamento de água no solo (GOMES; FILIZOLA, 2006). Já os indicadores químicos são capazes de refletir o comportamento no solo no que diz respeito à sua fertilidade, permitindo observar possíveis mudanças no solo em função do manejo adotado (FREITAS *et al.*, 2017).

A cidade de Humaitá (AM) não difere das diversas cidades brasileiras, já que os resíduos sólidos gerados nessa região são destinados diretamente para um lixão a céu aberto. Sendo assim, não existe uma infraestrutura adequada que possa tratar desses resíduos, evitando

que haja a contaminação do solo ou água, ou cause danos à população (OLIVEIRA *et al.*, 2018). Em vista disso, ao identificar os possíveis impactos do acúmulo de resíduos sólidos oriundos do descarte em lixões é possível mensurar seu efeito ambiental e realizar um planejamento levando em conta os fatores edafoclimáticos e populacionais da região. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos físicos e químicos do solo sob diferentes períodos em área de lixão em Humaitá (AM).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

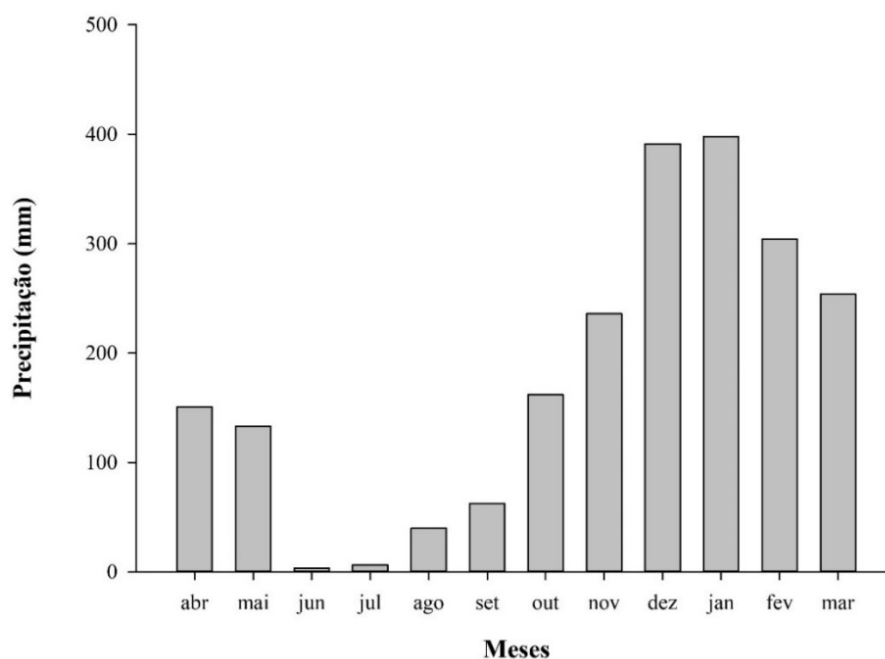
O estudo foi desenvolvido no Lixão Municipal de Humaitá (AM), localizado na BR 319, Km 10, margem esquerda, sentido Humaitá-Porto Velho, entre as coordenadas 07°33'44,03" S e 63°04'5,95" W (Figura 1). O município tem aproximadamente 51.320 habitantes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e situa-se na região Sul do Estado do Amazonas. A população está distribuída entre zonas rurais e urbana, sendo sua maioria na zona urbana, a cidade conta com sistema de abastecimento de água, esgoto, possui indústrias voltadas à produção e transporte de grãos, além de produtos oriundos da agricultura familiar, sendo essa a principal fonte de sua renda. Quanto ao descarte e coleta de resíduos, essa é feita diretamente e depositada em lixão a céu aberto sem triagem ou reciclagem.



**Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo.

Fonte: Adaptado de Lourenço *et al.* (2018).

No que se refere à caracterização climática, o clima da região é Tropical Chuvoso tipo AM, com chuvas do tipo monção, apresentando um período seco de pequena duração. A pluviosidade média varia de 2.250 a 2.750 mm ao ano, com período chuvoso entre outubro e junho. As temperaturas médias anuais variam de 25 a 27 °C e a umidade relativa do ar entre 85 e 90% (ALVARES *et al.*, 2013) (Figura 2). O solo foi classificado como Cambissolo Háplico Alítico plíntico, A moderado, textura média (CXalf) (CAMPOS *et al.*, 2012b).



**Figura 2.** Dados de precipitação total de abril de 2018 a março de 2019, obtidos na estação climatológica do município de Humaitá (AM).

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Foram marcadas e abertas seis trincheiras representativas de forma aleatória no entorno de toda a área do lixão, em cada local foram coletadas amostras de solos nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40; e 0,40-0,50 m, totalizando 30 amostras no final do período seco (setembro de 2018) e chuvoso (março de 2019). A amostragem se deu retirando o excesso de material da superfície, sendo extraídas amostras em seu estado natural, com e sem resíduos agregados.

A amostragem de solo foi feita sob duas formas diferentes, uma com anéis volumétricos e outra com estrutura preservada na forma de “torrão”. Os torrões foram transformados em terra fina seca ao ar (TFSA), através de secagem, destorroamento manual e peneiramento sob diâmetro de malha de 2 mm, para realização de análise textural e químicas. As amostras coletadas em anéis volumétricos foram submetidas à mesa de tensão para determinação da macroporosidade, microporosidade, volume total de poros, densidade do solo, unidade volumétrica e resistência do solo à penetração, conforme descrito por Embrapa (2017).

Foram realizadas as seguintes análises químicas: pH em água, acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ), alumínio trocável ( $Al^{3+}$ ), teores de fósforo disponível (P) e potássio disponível ( $K^+$ ), foram realizadas de acordo com a metodologia da Embrapa (2011). O carbono orgânico (CO) foi determinado de acordo com metodologia de Walkley-Black e modificada por Yoemans e Bremner (1988).

O estoque de carbono (EC) foi calculado pela equação 1:

$$EC = (Ds \times h \times CO)/10 \quad (1)$$

em que:

EC = estoque de carbono ( $t \text{ ha}^{-1}$ );

Ds = densidade do solo ( $g \text{ cm}^{-3}$ );

h = espessura da camada de solo amostrada (cm);

CO = Carbono orgânico ( $g \text{ Kg}^{-1}$ ).

Após análises laboratoriais, os dados foram analisados através de estatística descritiva, calculando-se os valores de média, mediana, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria, coeficiente de curtose e hipótese de normalidade dos dados (teste de Shapiro-Wilk), por meio do *software* estatístico Minitab Release 17 (MINITAB, 2013).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO EM LIXÃO A CÉU ABERTO

Na Tabela 1 são apresentados os dados de atributos físicos do solo, bem com o teste de médias entre os períodos chuvoso e seco. De maneira geral os dados se portaram de maneira normal com nível de 5% de significância, garantindo a confiabilidade dos dados trabalhados conforme destacam Mancuso *et al.* (2018).

Os dados relacionados à textura, de maneira geral, apresentaram dominância de material mais fino, havendo a predominância do silte em todas as profundidades estudadas, sendo assim, agrupado como um solo de textura média (SANTOS *et al.*, 2018). Quando comparadas entre períodos seco e chuvoso (areia, silte e argila) não houve diferença significativa, o que é normal, considerando que os mecanismos de intemperismo para formação dos solos envolvem componentes complexos, sendo um deles o tempo, logo o período avaliado foi pequeno para identificação de alteração desses atributos (COUTO JÚNIOR *et al.*, 2016).

A densidade do solo apresentou valores altos, considerando a natureza do material de textura média, bem como é notório que houve aumento da densidade em profundidade e não houve diferença significativa entre os períodos. Altos valores de densidade são comuns em locais onde há o trânsito de maquinário pesado, como é o caso dos lixões onde diariamente há a entrada e saída de veículos portando resíduos, além de não haver qualquer tipo de manejo conservacionista (revolvimento ou incorporação de matéria orgânica), o que agrava ainda mais a situação (BOGUNOVIC *et al.*, 2017).

**Tabela 1.** Estatística e teste de médias dos atributos físicos do solo nas diferentes camadas e período chuvoso e seco em lixão em Humaitá (AM)

| Estatística<br>Descritiva | Areia                         | Silte   | Argila  | Ds                 | MaP  | MiP    | VTP    | Ug    | RSP          | Areia                         | Silte   | Argila  | Ds                 | MaP  | MiP    | VTP    | Ug    | RSP   |
|---------------------------|-------------------------------|---------|---------|--------------------|--|--------|--------|-------|--------------|-------------------------------|---------|---------|--------------------|--|--------|--------|-------|-------|
|                           | -----g.kg <sup>-1</sup> ----- |         |         | g.cm <sup>-3</sup> | -----m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> ----- |        |        | %     | MPa          | -----g.kg <sup>-1</sup> ----- |         |         | g.cm <sup>-3</sup> | -----m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> ----- |        |        | %     | MPa   |
| Período Chuvoso           |                               |         |         |                    |  |        |        |       | Período Seco |                               |         |         |                    |  |        |        |       |       |
| Camada (0,00-0,10 m)      |                               |         |         |                    |  |        |        |       |              |                               |         |         |                    |  |        |        |       |       |
| Média                     | 138,30a                       | 565,00a | 296,70a | 1,41a              | 5,33a                                      | 45,56a | 50,89b | 0,36a | 1,86a        | 164,80a                       | 608,50a | 226,70a | 1,45a              | 1,92b                                      | 45,46a | 64,61a | 0,36a | 1,17a |
| CV (%)                    | 29,61                         | 5,24    | 17,14   | 8,92               | 72,87                                      | 9,55   | 9,58   | 14,38 | 32,03        | 21,36                         | 11,48   | 41,92   | 11,8               | 26,36                                      | 4,8    | 9,27   | 13,8  | 66,95 |
| S-W                       | 0,36*                         | 0,23*   | 0,20*   | 0,18*              | 0,34*                                      | 0,22*  | 0,21*  | 0,22* | 0,31*        | 0,35*                         | 0,19*   | 0,28*   | 0,24*              | 0,21*                                      | 0,28*  | 0,19*  | 0,21* | 0,29* |
| Camada (0,10-0,20 m)      |                               |         |         |                    |  |        |        |       |              |                               |         |         |                    |  |        |        |       |       |
| Média                     | 131,80a                       | 584,90a | 283,30a | 1,40a              | 5,61a                                      | 44,17a | 49,78a | 0,36a | 1,08a        | 152,70a                       | 612,30a | 235,00a | 1,49a              | 1,66b                                      | 44,80a | 61,36a | 0,34a | 1,08a |
| CV (%)                    | 32,16                         | 6,31    | 9,90    | 12,18              | 25,12                                      | 6,22   | 7,27   | 21,39 | 34,77        | 23,25                         | 7,47    | 28,45   | 10,06              | 19,72                                      | 7,59   | 6,56   | 13,83 | 41,43 |
| S-W                       | 0,15*                         | 0,18*   | 0,18*   | 0,28*              | 0,15*                                      | 0,34*  | 0,19*  | 0,38* | 0,20*        | 0,28*                         | 0,26*   | 0,30*   | 0,17*              | 0,38*                                      | 0,21*  | 0,13*  | 0,32* | 0,37* |
| Camada (0,20-0,30 m)      |                               |         |         |                    |  |        |        |       |              |                               |         |         |                    |  |        |        |       |       |
| Média                     | 138,80a                       | 566,20a | 295,00a | 1,48a              | 4,90a                                      | 43,09a | 48,00b | 0,33a | 0,98a        | 160,20a                       | 556,50a | 283,30a | 1,58a              | 1,59b                                      | 42,99a | 58,87a | 0,31a | 0,93a |
| CV (%)                    | 27,01                         | 5,77    | 7,03    | 9,10               | 41,14                                      | 6,33   | 8,50   | 15,05 | 15,77        | 22,97                         | 4,22    | 16,50   | 6,94               | 11,26                                      | 2,30   | 3,95   | 5,39  | 28,9  |
| S-W                       | 0,27*                         | 0,30*   | 0,26*   | 0,29*              | 0,21*                                      | 0,14*  | 0,21*  | 0,30* | 0,26*        | 0,26*                         | 0,27*   | 0,28*   | 0,24*              | 0,19*                                      | 0,12*  | 0,22*  | 0,18* | 0,19* |
| Camada (0,30-0,40 m)      |                               |         |         |                    |  |        |        |       |              |                               |         |         |                    |  |        |        |       |       |
| Média                     | 138,60a                       | 563,10a | 298,30a | 1,56a              | 4,59a                                      | 40,69a | 45,28b | 0,30a | 1,16a        | 167,20a                       | 562,80a | 270,00a | 1,61a              | 1,47b                                      | 40,01a | 54,58a | 0,28a | 0,83a |
| CV (%)                    | 23,16                         | 5,34    | 14,44   | 3,91               | 28,07                                      | 6,45   | 8,44   | 8,38  | 18,67        | 18,85                         | 4,78    | 16,40   | 4,92               | 61,33                                      | 3,45   | 14,59  | 4,06  | 33,21 |
| S-W                       | 0,32*                         | 0,21*   | 0,18*   | 0,17*              | 0,17*                                      | 0,22*  | 0,20*  | 0,28* | 0,15*        | 0,25*                         | 0,24*   | 0,24*   | 0,25*              | 0,28*                                      | 0,25*  | 0,25*  | 0,36* | 0,27* |
| Camada (0,40-0,50 m)      |                               |         |         |                    |  |        |        |       |              |                               |         |         |                    |  |        |        |       |       |
| Média                     | 138,20a                       | 541,80a | 320,00a | 1,55b              | 4,47a                                      | 40,53a | 44,99b | 0,30a | 0,96a        | 159,90a                       | 540,10a | 300,00a | 1,70a              | 1,45b                                      | 40,86a | 55,36a | 0,27b | 1,09a |
| CV (%)                    | 23,70                         | 5,63    | 14,79   | 6,05               | 24,36                                      | 6,14   | 3,48   | 4,91  | 16,95        | 19,45                         | 5,84    | 18,01   | 2,48               | 14,77                                      | 7,17   | 5,49   | 5,54  | 23,87 |
| S-W                       | 0,22*                         | 0,19*   | 0,33*   | 0,26*              | 0,26*                                      | 0,21*  | 0,21*  | 0,15* | 0,18*        | 0,17*                         | 0,18*   | 0,25*   | 0,17*              | 0,23*                                      | 0,17*  | 0,16*  | 0,32* | 0,14* |

CV: coeficiente de variação (%); S-W: teste de normalidade de Shapiro-Wilk; \* Significativo a 5% de probabilidade; Ds: densidade do solo; MaP: macroporosidade; MiP: microporosidade; VTP: volume total de poros; Ug: unidade gravimétrica; RPS: resistência do solo à penetração. Média do mesmo atributo em períodos diferentes com letras diferentes diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste t-student.

O aumento da densidade em profundidade é justificado pelos constantes procedimentos “aterramento”, que consistem em depositar sobre uma camada de lixo uma nova camada de solo, que por gravidade e pressão as camadas mais profundas vão aumentando sua densidade proporcionalmente, formando esse gradiente em profundidade (WU *et al.*, 2017).

Em se tratando dos atributos relacionados à porosidade, é possível verificar que a porosidade total foi superior a 45% em todas as profundidades e sendo a maior concentração de microporos. Isso ocorre pelo arranjo de partículas do solo que em sua maioria são finas, considerando a textura do solo (HOLTHUSEN *et al.*, 2018). Do ponto de vista ambiental isso seria um empecilho pois um solo com alta porosidade tende a ter rápida infiltração e percolação de fluídos (chorume) oriundos da decomposição de resíduos que são altamente prejudiciais ao meio ambiente, que a curto prazo irão contaminar o solo de maneira superficial e, a longo prazo, chegando nas partes mais subterrâneas, se tornando assim um agravante para contaminação de lençóis freáticos (MOREIRA *et al.*, 2017).

Avaliando-se os períodos, a macroporosidade apresentou diferença significativa em todas as profundidades em que houve uma diminuição do período chuvoso para o seco, indicando que houve uma redução acentuada de macroporos para microporos (MANGIERI; TAVARES FILHO, 2019), além de demonstrar a associação positiva desse atributo com a sazonalidade, se tornando um problema que contribui para absorção de água e lixiviação de compostos orgânicos para as partes mais profundas do solo (CASTIGLIONI *et al.*, 2018).

### 3.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EM SOLO DE LIXÃO A CÉU ABERTO

Na Tabela 2 são demonstrados dados descritivos de atributos químicos do solo, bem como a comparação de médias entre períodos. Pelos valores de pH em água é possível observar que se trata de um solo ácido, em virtude, primeiramente, da origem desses solos (CAMPOS *et al.*, 2012a) e que se agrava quando associado à decomposição de diferentes materiais orgânicos e inorgânicos, que em seu processo libera compostos de composição ácida diretamente ao solo (ALCÂNTARA *et al.*, 2011).

Com exceção do carbono, estoque de carbono e potássio, na camada mais superficial (0,00-0,20 cm) do solo não houve diferença significativa quando comparados os períodos chuvosos e secos, sendo essa diferença evidenciada a partir dos 20 cm do solo. Rosa *et al.* (2019) destacaram que, devido ao regime hídrico, os íons H<sup>+</sup> oriundos de decomposição de resíduos ficam dispersos em água, lixiviando até os lençóis subterrâneos, fato este que não ocorre no período seco devido à falta de água, logo os ácidos oriundos da decomposição do lixo acabam se fundindo às micelas do solo.

Quanto ao Al<sup>3+</sup> foi observado que obtiveram valores variando de 2,13-3,84, apresentando apenas pequenas variações nas camadas superficiais quando comparado entre períodos, pois se trata da camada onde ocorre maior dinâmica desses atributos (ZAMBROSI *et*

*al.*, 2007). Outro fato notado diz respeito ao aumento dos seus teores em profundidade, o que é uma tendência, uma vez que o solo apresenta boa porosidade e conseqüentemente uma boa infiltração, que facilita na lixiviação desses componentes para as partes mais profundas do solo (KEMERICH *et al.*, 2014), porém não havendo diferença entre períodos.

Quanto aos teores de  $K^+$ , verifica-se valores baixos, não apresentando valores no período chuvoso por apresentar ausência ou valores muito baixos (não detectáveis pelo método utilizado), já o P disponível apresentou valores elevados em ambos os períodos, sendo maiores no período seco quando comparados ao chuvoso. Um dos principais motivos relacionados aos baixos teores de K é sua perda por lixiviação, acelerada pelo regime hídrico da região amazônica (DOURADINHO *et al.*, 2015).

A maior concentração de P nas áreas decorre da disposição de resíduos, que está ligada à decomposição do material orgânico de origem animal e vegetal, os quais são depositados nessas áreas, tais como restos de alimentos, papel, madeira, osso, sementes, folhagens entre outros (LEITE *et al.*, 2016), bem como sua baixa movimentação no solo e conseqüentemente poucas perdas (BARBOSA *et al.*, 2015). O aumento de P (NUNES *et al.*, 2015) pode ampliar o potencial do solo como fonte de contaminação de áreas adjacentes (VASCONCELOS; ATTAYDE, 2014).

Os valores médios de CO variaram entre 7,51 a 23,75  $g.dm^{-3}$ , com o maior valor encontrado na primeira camada (0,0-0,10 m) no período seco e a menor na quarta camada (0,30-0,40 m) no período chuvoso, sendo oriundo da decomposição de materiais vegetais, animal, micro-organismo e outros. Assim, considerando os resíduos de lixo esses materiais sólidos são considerados sem utilidade, supérfluos ou perigosos, gerados pela atividade humana, e que devem ser descartados ou eliminados (COELHO, 2013). Esses resíduos quando entram em decomposição geram compostos orgânicos que acabam liberando substâncias ácidas, o que leva a justificar a relação de dependência de pH e carbono, onde solos com maior quantidade de matéria orgânica são solos com maior teor de acidez (CAVALCANTE *et al.*, 2017).



**Tabela 2.** Estatística descritiva dos atributos químicos do solo nas diferentes camadas e período chuvoso e seco em lixão de Humaitá (AM)

| Estatística Descritiva | pH    | H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>              | Al <sup>3+</sup> | K <sup>+</sup> | P                   | CO                 | EC                  | pH     | H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>              | Al <sup>3+</sup> | K <sup>+</sup> | P                   | CO                 | EC                  |
|------------------------|-------|--|------------------|----------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------|--|------------------|----------------|---------------------|--------------------|---------------------|
|                        |       | -----cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ----- |                  |                | mg.dm <sup>-3</sup> | g.dm <sup>-3</sup> | mg.ha <sup>-1</sup> |        | -----cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ----- |                  |                | mg.dm <sup>-3</sup> | g.dm <sup>-3</sup> | mg.ha <sup>-1</sup> |
| Período Chuvoso        |       |  |                  |                |                     |                    | Período Seco        |        |  |                  |                |                     |                    |                     |
| Camada (0,00-0,10 m)   |       |  |                  |                |                     |                    |                     |        |  |                  |                |                     |                    |                     |
| Média                  | 4,31a | 8,22a  | 2,13b            | 0,00b          | 1,81a               | 33,13a             | 26,80a              | 3,945a | 9,82a  | 2,400a           | 0,02a          | 6,82a               | 41,30a             | 34,41a              |
| CV (%)                 | 6,36  | 42,39  | 43,34            | 154,92         | 25,62               | 31,96              | 26,70               | 7,97   | 30,67  | 21,08            | 65,50          | 109,49              | 27,12              | 24,18               |
| S-W                    | 0,20* | 0,26*  | 0,26*            | 0,41*          | 0,25*               | 0,34*              | 0,23*               | 0,21*  | 0,31*  | 0,25*            | 0,23*          | 0,33*               | 0,28*              | 0,21*               |
| Camada (0,10-0,20 m)   |       |  |                  |                |                     |                    |                     |        |  |                  |                |                     |                    |                     |
| Média                  | 4,36a | 6,13b  | 2,18a            | 0,00b          | 2,56b               | 12,76b             | 17,26b              | 4,00a  | 9,43a  | 3,53a            | 0,01a          | 12,52a              | 19,17a             | 28,61a              |
| CV (%)                 | 7,55  | 12,2   | 40,39            | *              | 72,98               | 38,24              | 22,27               | 10,47  | 23,97  | 51,56            | 41,97          | 46,74               | 17,39              | 18,36               |
| S-W                    | 0,22* | 0,32*  | 0,20*            | *              | 0,34*               | 0,38*              | 0,28*               | 0,21*  | 0,23*  | 0,28*            | 0,28*          | 0,22*               | 0,29*              | 0,21*               |
| Camada (0,20-0,30 m)   |       |  |                  |                |                     |                    |                     |        |  |                  |                |                     |                    |                     |
| Média                  | 4,31a | 7,62a  | 2,65a            | 0,00b          | 2,75b               | 11,24b             | 16,12b              | 3,91b  | 7,65a  | 3,55a            | 0,01a          | 10,07a              | 20,60a             | 32,47a              |
| CV (%)                 | 5,31  | 48,92  | 33,82            | *              | 52,63               | 50,99              | 39,11               | 8,16   | 29,96  | 42,67            | 51,90          | 43,49               | 28,61              | 27,13               |
| S-W                    | 0,20* | 0,31*  | 0,18*            | *              | 0,22*               | 0,43*              | 0,40*               | 0,26*  | 0,34*  | 0,19*            | 0,21*          | 0,20*               | 0,2*               | 0,16*               |
| Camada (0,30-0,40 m)   |       |  |                  |                |                     |                    |                     |        |  |                  |                |                     |                    |                     |
| Média                  | 4,43a | 5,97a  | 2,80a            | 0,00b          | 2,09b               | 7,51b              | 11,51b              | 3,99b  | 7,87a  | 3,87a            | 0,01a          | 9,03a               | 20,41a             | 32,63a              |
| CV (%)                 | 5,44  | 35,3   | 30,72            | *              | 48,63               | 58,55              | 54,11               | 8,05   | 23,98  | 32,12            | 60,66          | 48,22               | 34,32              | 30,95               |
| S-W                    | 0,23* | 0,31*  | 0,24*            | 0,00*          | 0,28*               | 0,24*              | 0,24*               | 0,14*  | 0,39*  | 0,36*            | 0,20*          | 0,12*               | 0,22*              | 0,24*               |
| Camada (0,40-0,50 m)   |       |  |                  |                |                     |                    |                     |        |  |                  |                |                     |                    |                     |
| Média                  | 4,36a | 5,83a  | 3,18a            | 0,00b          | 1,38b               | 9,92b              | 14,83b              | 3,74b  | 6,82a  | 3,63a            | 0,01a          | 8,93a               | 21,70a             | 37,13a              |
| CV (%)                 | 3,4   | 36,1   | 27,34            | *              | 19,19               | 74,12              | 67,26               | 3,11   | 33,44  | 22,74            | 58,55          | 44,08               | 33,99              | 35,29               |
| S-W                    | 0,12* | 0,25*  | 0,18*            | *              | 0,24*               | 0,38*              | 0,38*               | 0,27*  | 0,19*  | 0,32*            | 0,26*          | 0,19*               | 0,31*              | 0,30*               |

CV: coeficiente de variação (%); S-W: teste de normalidade de Shapiro-Wilk ; \* Significativo a 5% de probabilidade. \*Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre períodos não diferem entre si pelo teste t de Student (p < 0,05).

Outro fato observado é que com exceção da profundidade de 10 cm do solo o período seco obteve os maiores valores de carbono orgânico. Isso justifica-se pelo fato de que o carbono presente está mais incorporado no solo, o que não ocorre no período chuvoso devido à perda pela ação hídrica (WENDLING *et al.*, 2005). Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira *et al.* (2016), em estudo de solos em ambientes de lixão.

Além disso a presença de matéria orgânica em maior concentração faz com que ocorra a retenção de metais, devido à facilidade que os metais têm em fazer ligação covalente com as moléculas orgânicas (OLIVEIRA *et al.*, 2018). Podem ser observadas grandes alterações nos atributos químicos, principalmente no pH, fósforo e matéria orgânica, logo se destacando como bons indicadores de qualidade de solo para futuros estudos nessas áreas (REZENDE, 2018).

#### 4 CONCLUSÕES

As condições físicas de elevada porosidade dos solos favoreceram a maior deposição de compostos e resíduos poluentes que pela ação da água podem se espalhar pelas proximidades, aumentando a área de dano ambiental.

Houve pouca influência da sazonalidade nos atributos do solo, com evidências mais marcantes nos atributos químicos.

O período seco favorece a maior produção de compostos orgânicos que rapidamente são incorporadas às micelas do solo, aumentando a CTC, diminuindo o pH e contribuindo para a retenção de elementos maléficis ao solo.

#### REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, N. L.; CHAVES, M. R.; SILVA, G. C.; SILVA, L. A. Coleta seletiva solidária entre poder público e cooperativas: revisão integrativa. **Humanidades e Tecnologia (FINOM)**, v. 1, n. 19, p. 193-211, 2020.
- ALCÂNTARA, A. J. D. O.; PIERANGELI, M. A. P.; SOUZA, C. A. D.; SOUZA, J. B. D. Teores de As, Cd, Pb, Cr e Ni e atributos de fertilidade de Argissolo Amarelo distrófico usado como lixão no município de Cáceres, estado de Mato Grosso. **Brazilian Journal of Geology**, v. 41, n. 3, p. 539-548, 2011.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- BARBOSA, N. C.; ARRUDA, E. M.; BROD, E.; PEREIRA, H. S. Distribuição vertical do fósforo no solo em função dos modos de aplicação. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 1, p. 87-95, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n1a2015-18196>.
- BOGUNOVIC, I.; BILANDZIJA, D.; ANDABAKA, Z.; STUPIC, D.; COMINO, J. R.; CACIC, M.; PEREIRA, P. Soil compaction under different management practices in a

Croatian vineyard. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 10, n. 15, p. 1-9, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1007/s12517-017-3105-y>.

BRASIL. **Ministério das Minas e Energia**. Projeto Radambrasil - Folha SB. 20, Purus. Rio de Janeiro, 1978. 561p.

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; RIBEIRO FILHO, M. R.; ALMEIDA, M. C. Topossequência de solos na transição campos naturais-floresta na região de Humaitá, Amazonas Soil-relief relationships in a grassland/forest transition in the region of Humaitá, Amazonas State, Brazil. **Acta Amazônica**, v. 42, n. 3, p. 387-398, 2012a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000300011>.

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S. D.; RIBEIRO FILHO, M. R.; ALMEIDA, M. D. C. D. Relações solo-superfície geomórfica em uma topossequência várzea-terra firme na região de Humaitá (AM). **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 36, n. 2, p. 325-336, 2012b. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000200002>.

CASTIGLIONI, M. G.; SASAL, M. C.; WILSON, M.; OSZUST, J. D. Seasonal variation of soil aggregate stability, porosity and infiltration during a crop sequence under no tillage. **Terra Latinoamericana**, v. 36, n. 3, p. 199-209, 2018. DOI: <http://doi.org/10.28940/terra.v36i3.333>.

CAVALCANTE, K. L.; DEON, M. D. I.; SILVA, H. K. P. Acidez e matéria orgânica de solo irrigado com efluente de estações de tratamento de esgoto de Petrolina-PE. **Revista Semiárido De Visu**, v. 4, n. 3, p. 181-189, 2017.

COELHO, D. C. L. **Atributos químicos de um argissolo e produção de capim elefante decorrentes da aplicação de percolado de aterro sanitário**. (Tese de Doutorado). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 2013.

CONKE, L. S.; NASCIMENTO, E. P. A coleta seletiva nas pesquisas brasileiras: uma avaliação metodológica. **URBE - Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 10, n. 1, p. 199-212, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.010.001.a014>.

COUTO JÚNIOR, A. A.; CONCEIÇÃO, F. T.; FERNANDES, A. M.; CUNHA, C.; JUNIOR, E. P. S. Geoquímica fluvial aplicada à avaliação das taxas de intemperismo químico e remoção de solo da formação Rio Claro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 3, p. 451-464, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v17i3.1006>.

DOURADINHO, G. Z.; DE SOUZA, G. E.; DE OLIVEIRA, C. P.; BORTOLAZZO, G.; ZOZ, T.; STEINER, F. Teste de lixiviação de potássio para avaliação rápida do vigor de sementes de trigo. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 2, n. 3, p. 18-22, 2015.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Embrapa, 2017. 230p.

FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S.; FRARE, J. C. V.; FILLA, V. A.; GOMES, R. P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar Ciências**, v. 26, n. 1-2, p. 8-25, 2017.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. **Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente**, v. 6, p. 1-8, 2006.

HOLTHUSEN, D.; BRANDT, A. A.; REICHERT, J. M.; HORN, R. Soil porosity, permeability and static and dynamic strength parameters under native forest/grassland compared to no-tillage cropping. **Soil and Tillage Research**, v. 177, p. 113-124, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.12.003>.

KEMERICH, P. D.; DE BORBA, W. F.; BARROS, G.; GERHARDT, A. E.; FLORES, C. E. B.; SCHWAAB, E. D.; UCKER, F. E. Caracterização do solo em área submetida a derramamento de lixiviado decorrente de aterro sanitário. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 1, p. 2950-2959, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/2236130810939>.

LEITE, J. N. F.; CRUZ, M. C. P. D.; FERREIRA, M. E.; ANDRIOLI, I.; BRAOS, L. B. Frações orgânicas e inorgânicas do fósforo no solo influenciadas por plantas de cobertura e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 11, p. 1880-1889, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016001100010>.

LOURENÇO, I. H.; CAMPOS, M. C. C.; ALHO, L. C.; DA CUNHA, J. M.; MANTOVANELI, B.; DA SILVA, D. M. P. Spatial dependence of soil attributes in natural field and forest areas, Humaitá, AM. **Acta Iguazu**, v. 7, n. 5, p. 92-108, 2018.

MAGALHÃES, A. F. **Avaliação do desempenho de técnicas de bioengenharia na proteção e conservação da cobertura final de taludes em aterros de disposição de resíduos sólidos urbanos**: estudo de caso para o Aterro Sanitário de Belo Horizonte, MG. 2005. 169 f. (Dissertação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

MANCUSO, A. C. B.; CASTRO, S. M.; LEOTTI, V. B.; HIRAKATA, V. N.; CAMEY, S. A. Estatística descritiva: perguntas que você sempre quis fazer, mas nunca teve coragem. **Clinical & Biomedical Research**, v. 38, n. 4, p. 1-5, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4322/2357-9730.89242>.

MANGIERI, V. L.; TAVARES FILHO, J. Avaliação de matéria orgânica, densidade e porosidade do latossolo vermelho em contato com lixiviado de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 6, p. 1251-1258, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522019100204>.

MARQUES, R. F. P. V. **Impactos ambientais da disposição de resíduos sólidos urbanos no solo e na água superficial em três municípios de Minas Gerais**. 2011. 95 f. (Dissertação) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

MENDONÇA, J. M. S. **Avaliação da ecotoxicidade de percolados em áreas de disposição de resíduos na região metropolitana de Natal/RN**. 2010. (Dissertação) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

MINITAB Inc. **Release 17 for Windows**. State College, USA, 2013.

MOREIRA, C. A.; LEANDRO, C. G.; LOPES, C. T.; ILHA, L. M. DC resistivity investigation in a fractured aquifer system contaminated by leachate from an old dump. **Geofísica Internacional**, v. 56, n. 4, p. 345-358, 2017.

NUNES, D.; OLIVEIRA, R.; ZAIA, F.; RODRIGUES, E. G.; RODRIGUES, A. Contribuição das frações lábeis de fósforo em solos de diferentes coberturas vegetais. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 8500-8507, 2015. DOI: <http://doi.org/10.5151/chemeng-cobeq2014-1299-20015-144953>.

OLIVEIRA, G. M. T. S. D.; OLIVEIRA, E. S. D.; SANTOS, M. D. L. S.; MELO, N. F. A. C. D.; KRAG, M. N. Concentrações de metais pesados nos sedimentos do lago Água Preta (Pará, Brasil). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 3, p. 599-605, 2018.

OLIVEIRA, B. O. S. D.; TUCCI, C. A. F.; NEVES JÚNIOR, A. F.; SANTOS, A. D. A. Avaliação dos solos e das águas nas áreas de influência de disposição de resíduos sólidos urbanos de Humaitá, Amazonas. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 21, n. 3, p. 593-601, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016133274>.

OLIVEIRA, C. N. **Recuperação ambiental de aterros sanitários na região metropolitana de Campinas**: revegetação e uso futuro. 2005 (Dissertação) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

REZENDE, D. A. **Qualidade do solo em local de disposição inadequada de resíduos sólidos em um município de pequeno porte**. 2018. 82 f. (Dissertação). 82f. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

ROSA, M. C. V. S.; UCKER, F. E. Influência do lençol freático na condutividade elétrica e PH em cemitério. **Águas Subterrâneas**, v. 33, n. 1, p. 1-8, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v33i1.29484>.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; DE OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 2018.

VASCONCELOS, V.; ATTAYDE, J. Emissões naturais e antrópicas de nitrogênio e fósforo para os principais açudes da bacia hidrográfica do Rio Seridó, RN. *In*: MATTOS, A.; MATTOS, K. (coord.). **Projeto MEVEMUC - Monitoramento da Evaporação e as Mudanças Climáticas**: contribuição para a hidrologia do semiárido. João Pessoa: Moura Ramos, 2014. p. 183-216.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 5, p. 487-494, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000500010>.

WISZNIOWSKI, J.; ROBERT, D.; SURMACZ-GORSKA, J.; MIKSCH, K.; WEBER, J. V. Landfill leachate treatment methods: A review. **Environ Chem Lett**, v. 4, n. 1, p. 51-61, 2006. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10311-005-0016-z>.

WU, L.; LI, L.; YAO, Y.; QIN, F.; GUO, Y.; GAO, Y.; ZHANG, M. Spatial distribution of soil organic carbon and its influencing factors at different soil depths in a semiarid region of China. **Environmental Earth Sciences**, v. 76, n. 19, v. 1-13, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1007/s12665-017-6982-1>.

YOEMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988. <https://doi.org/10.1080/00103628809368027>.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. (2007). Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em Latossolo sob plantio direto. **Bragantia**, v. 66, n. 3, p. 487-495, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0006-87052007000300016>.