



## CAPÍTULO 8

# IMPACTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA QUALIDADE QUÍMICA DE SOLOS NO MUNICÍPIO DE CRISTINO CASTRO, PIAUÍ, BRASIL

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9762517098>

**Djavan Pinheiro Santos**

Município de Cristino Castro-PI

Doutorado em Agronomia: Solo e Água, pela Universidade Federal de Goiás.

<https://orcid.org/0000-0002-1811-5362>

**Fernanda Mota da Silva**

Município de Cristino Castro-PI

Mestranda em Ciências da Educação, pela Facnorte do Paraná.

<http://lattes.cnpq.br/5498127783047636>

**RESUMO:** A demanda crescente por alimentos é um fator determinante na superprodução de resíduos sólidos urbanos. Estes resíduos sólidos causam impactos ambientais alterando os atributos indicadores de qualidade química de solos. O objetivo com esta pesquisa foi avaliar os atributos químicos de solo de uma área impactada por mais de 30 anos com resíduos sólidos urbanos, comparada com uma área preservada no município de Cristino Castro-PI. As áreas de estudo possuem tamanho aproximado de dois hectares cada: uma área de resíduos sólidos urbanos, impactada e poluída por mais de 30 anos e área de preservação permanente, utilizada como referência. Em cada área, coletaram-se amostras de solos nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade. As análises químicas de solos foram realizadas seguindo o Manual de Métodos de Análises de Solo e a análise de componentes principais foi à estatística utilizada, para verificar relações dos atributos de solo com as áreas de estudo. A maioria dos atributos químicos de solos se agrupam com a área de resíduos sólidos urbanos. A qualidade química de solos está alterada de forma significativa em área de resíduos sólidos (lixão a céu aberto por mais de 30 anos) no município de Cristino Castro-PI. A maior parte dos atributos químicos possuem valores mais elevados em área contendo resíduos sólidos urbanos, quando comparados aos atributos de uma área preservada. Os principais atributos químicos que foram

impactados pelos resíduos sólidos são: acidez ativa, cálcio, fósforo, potássio, zinco e matéria orgânica do solo, oriundos de depósitos e acúmulos diários de componentes poluidores do meio ambiente. A área contendo resíduos sólidos urbanos tem sofrido alterações significativas nas diferentes camadas de solo avaliadas (0-20 cm e 20-40 cm), impactando diretamente o meio ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** qualidade do solo, poluição ambiental, aterro sanitário, coleta seletiva.

## IMPACT OF URBAN SOLID WASTE ON THE CHEMICAL QUALITY OF SOILS IN THE MUNICIPALITY OF CRISTINO CASTRO, PIAUÍ STATE, BRAZIL

**ABSTRACT:** The growing demand for food is a determining factor in the overproduction of urban solid waste. This solid waste causes environmental impacts by altering the chemical quality indicator attributes of soils. The objective of this research was to evaluate the chemical attributes of soil in an area impacted for more than 30 years by urban solid waste, compared to a preserved area in the municipality of Cristino Castro, Piauí State, Brazil. The study areas are approximately two hectares each: an area of urban solid waste, impacted and polluted for more than 30 years, and a permanent preservation area, used as a reference. In each area, soil samples were collected from the 0-20 cm and 20-40 cm depth layers. Soil chemical analyses were performed following the Manual of Soil Analysis Methods, and principal component analysis was the statistical method used to verify the relationships between soil attributes and the study areas. Most of the soil chemical attributes are clustered with the urban solid waste area. The chemical quality of soils is significantly altered in an area containing solid waste (an open-air landfill for over 30 years) in the municipality of Cristino Castro, Piauí State, Brazil. Most chemical attributes have higher values in the area containing urban solid waste when compared to the attributes of a preserved area. The main chemical attributes that were impacted by solid waste are: active acidity, calcium, phosphorus, potassium, zinc, and soil organic matter, resulting from daily deposits and accumulations of polluting components in the environment. The area containing urban solid waste has undergone significant alterations in the different soil layers evaluated (0-20 cm and 20-40 cm), directly impacting the environment.

**KEYWORDS:** soil quality, environmental pollution, sanitary landfill, selective collection.

## INTRODUÇÃO

As ações humanas são responsáveis por mudanças ambientais que provocam alterações significativas no planeta Terra e seus recursos naturais, como o solo, a água, o ar, a fauna e a flora, etc. Conforme Pitton, (2009), as atividades industriais têm intensificado à exploração dos recursos naturais através da extração de matéria-prima para atender o crescimento populacional urbano. Segundo Menezes et al. (2014), a demanda crescente por alimentos, são fatores determinantes na superprodução de resíduos sólidos urbanos.

O gerenciamento de resíduos sólidos é regulamentado pela Lei Federal brasileira nº 12.305/10, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Estes resíduos **são todos os materiais, sólidos ou semissólidos, descartados resultantes de atividades humanas**, podendo proporcionar benefícios econômicos, ambientais, sociais e o desenvolvimento sustentável, quando tratados de forma consciente (Comar, 2024).

No que diz respeito a solos, são camadas resultantes de transformações complexas que envolvem o intemperismo de rochas e minerais, a ciclagem de elementos químicos essenciais **às plantas**, a produção e decomposição de biomassa (Freire et al., 2021), haja vista que o equilíbrio desses elementos, garantem a qualidade químicas de solos (Lopes; Guilherme, 2007).

Solos tropicais brasileiros, naturalmente, prevalece solos **ácidos** devido as elevadas precipitações pluviais, aliadas a baixas evapotranspirações, favorecendo as lixiviações. Dessa forma, solos sob estas condições, possuem características de elevada acidez e baixa concentração de nutrientes essenciais às plantas, proporcionado pelas características mineralógicas, consequentes das ações dos fenômenos climáticos tropicais (Freire et al., 2021). Na região de estudo, os solos predominantes são classificados como Latossolos Amarelos (Santos et al., 2011), considerados ácidos.

A avaliação e monitoramento de impactos ambientais ocasionados por resíduos sólidos em atributos indicadores de qualidade química do solo em **área com resíduos sólidos** provocados pela ação humana devem ser investigados, comparando com a qualidade química de solos de uma **área preservada (área de referência)**. Dessa forma, estes estudos são essenciais para avaliação de impactos ambientais ocorridos no município, podendo conscientizar à população sobre o manejo adequado dos resíduos poluidores do solo e meio ambiente.

A principal hipótese deste estudo é que os atributos químicos de solos em área de resíduos sólidos urbanos (lixão a céu aberto a mais de 30 anos) estão alterados em **comparação com uma área preservada**, devido ao acúmulo diário de resíduos contaminantes e à infiltração de substâncias tóxicas do lixo no perfil de solo. Portanto, objetivou-se com esta pesquisa, avaliar os atributos químicos de solo de uma área

impactada por mais de 30 anos de resíduos sólidos urbanos, comparada com uma área preservada no município de Cristino Castro-PI.

## METODOLOGIA

### Caracterização das áreas de estudo

O estudo foi realizado no município de Cristino Castro, região Sudoeste do Piauí, em bioma de ecótono Cerrado/Caatinga. O clima da região é classificado como quente e semiúmido do tipo Aw, segundo classificação de Köppen, com temperatura média de 30 °C e precipitação média de 1.024 mm, distribuídas entre os meses de outubro a abril, apresentando-se no período de janeiro a março, o trimestre mais chuvoso (Inmet, 2017).

As amostragens e coletas de solo para avaliação dos atributos químicos de solos foram realizadas no mês de outubro de 2025. Selecionaram-se duas áreas com tamanho aproximado de dois hectares cada: área de preservação permanente (APP), considerada preservada ( $08^{\circ}49'45,53''S$ ,  $44^{\circ}13'38,43''W$ , altitude de 218,70 m) para referência e uma área de resíduos sólidos urbanos (ARS), considerada área impactada e poluída a mais de 30 anos sendo depositado lixões ( $08^{\circ}49'36,59''S$ ,  $44^{\circ}12'59,99''W$ , altitude de 259,30 m) (Figura 1). No entanto, neste último ano, não se tem ocorrido mais depósitos de resíduos sólidos nesta área de resíduos sólidos (lixão).



**Figura 1.** Área de preservação permanente (APP) (A) e área de resíduos sólidos (ARS) (B).  
Imagen: Google Earth. A distância entre as duas áreas é de aproximadamente 1 km.

## Coletas de solo em campo

As amostragens de solo para determinação dos atributos químicos das duas áreas foram realizadas com cavadeira manual de boca e auxílio de uma trena, nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade. Coletaram-se cinco amostras simples por camada de solo e homogeneizadas para formar uma amostra composta representativa de cada camada nas áreas.

Após a homogeneização do solo por cada camada, retirou-se 500 gramas de solo conforme recomenda o Manual de Métodos de Análise de Solo (Teixeira et al., 2017). Considerando as duas áreas, formaram-se quatro amostras compostas de solo. Essas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificadas e enviadas ao laboratório de química e fertilidade de solos para avaliação e monitoramento desses atributos, assim como as frações granulométricas do solo (areia, silte e argila) do solo.

## Análises laboratoriais

As análises químicas de solos foram realizadas tendo como base o Manual de Métodos de Análises de Solo (Teixeira et al., 2017). Para aferição do pH (potencial hidrogeniônico) em H<sub>2</sub>O do solo, utilizou-se peagâmetro digital. Os elementos potássio (K<sup>+</sup>) e sódio (Na<sup>+</sup>) foram extraídos pela solução de Mehlich<sup>-1</sup> através de uma solução padrão de cloreto de potássio e cloreto de sódio a 10 cmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>, para posterior determinação por espectrofotometria de chama.

Os elementos químicos cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>) trocáveis foram extraídos em solução de cloreto de potássio a 1 mol L<sup>-1</sup> determinados por complexometria em presença do indicador ácido calcon carbônico+sulfato de sódio (calcon). Já para a determinação do alumínio (Al<sup>3+</sup>) trocável e tóxico às plantas, utilizou-se uma solução de cloreto de potássio a 1 mol L<sup>-1</sup> e solução volumétrica diluída com hidróxido de sódio.

Em relação à acidez potencial, composta por hidrogênio e alumínio, foi extraída do solo com acetato de cálcio tamponado a pH 7,0 e determinada por volume com solução de hidróxido de sódio em presença de fenolftaleína como indicador. A partir do complexo sortivo, calcularam-se a soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7,0, a saturação por alumínio (m), saturação por bases (V). Já para definição do macroelemento fósforo (P), foi utilizado solução extradora de Mehlich<sup>-1</sup> (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>).

No que diz respeito aos teores de carbono orgânico do solo (CO), utilizaram-se solução de dicromato de potássio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) 0,0667 mol L<sup>-1</sup> e dissolveram-se 39,22 g de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> P.A. Já para estimar a matéria orgânica do solo (MO), utilizaram-se os teores

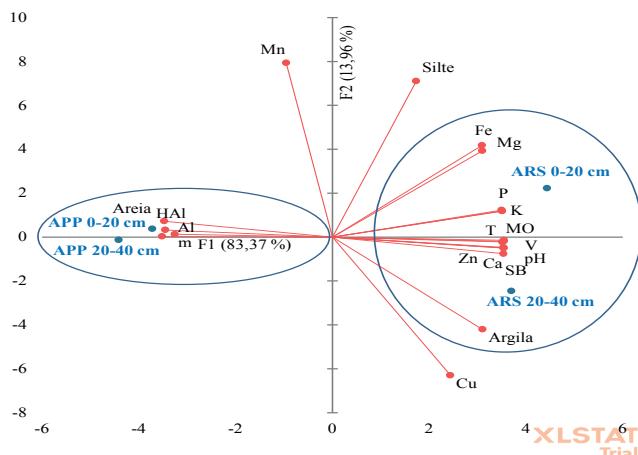
de carbono orgânico e multiplicaram-se 1,72 (fator de conversão). Finalmente, para a determinação do zinco (Zn) empregou-se o método baseado na espectrofotometria de chama de absorção atômica, enquanto às análises de textura de solos foram determinadas pelo método da pipeta, conforme descrito no Manual de Métodos de Análises de Solo (Teixeira et al., 2017).

## Análises estatísticas

A análise de componentes principais (ACP) foi à estatística utilizada, sendo que, antes de se proceder, realizou-se o teste de esfericidade de Bartlett ( $p<0,05$ ) para verificar relações dos atributos de solo com as áreas de estudo, através de centróides e elipses de confiança, utilizando o programa estatístico XLSTAT 2025 (Addinsoft, 2025), plug-in do Microsoft Excel 2016.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As relações entre os atributos químicos e distribuição granulométrica de solos em área de resíduos sólidos (ARS) e área de preservação permanente (APP), ambos avaliados nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade, podem ser visualizadas nos resultados de análise de componentes principais (ACP) (Figura 2). A variabilidade dos dados foi explicada em 83,37% no eixo 1 e 13,96% no eixo 2, o que totalizou 97,33% da variabilidade total. Observou-se que a ACP separou os atributos de solo e **áreas** em dois grupos distintos.



**Figura 2.** Análise de componentes principais para os atributos químicos de solo em área de resíduos sólidos (ARS) e área de preservação permanente (APP), ambos avaliados nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade no município de Cristino Castro-PI, tendo a distribuição granulométrica como variáveis adicionais.

O eixo 1 foi influenciado principalmente pelos atributos químicos pH, Ca, Mg, K, P, T, SB, V, MO, Fe, Zn e argila, com autovetores positivos e cargas fatoriais próximos de 0,9 (Tabela 2), estando associados aos solos da ARS, enquanto os atributos H+Al, Al, m e areia estão associados ao solo da APP, ambos com vetores negativos, aproximadamente -0,9 (Tabela 2), de cargas fatoriais. Segundo Kaiser (1974), através de uma medida de adequação da amostra de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), pode-se inferir que a qualidade das amostras para estas variáveis são excelentes, devido os vetores estarem próximos ou acima de 0,9. Já, os microelementos Mn e Cu, assim como a fração silte, não houve tendência de agrupamento, pois não possuem vetores significantes.

Conforme observado na Figura 2, de modo geral, a maioria dos atributos químicos de solos possui tendência de agrupamento de forma significativa na ARS. O agrupamento mencionado corrobora com os dados da Tabela 1, em anexo. Na ARS, percebe-se que os atributos químicos de solo também são alterados em camadas de solo 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade, enquanto os atributos químicos da APP estão mais estáveis entre camadas de solo. É conveniente mencionar que os atributos químicos da ARS foram alterados pelo acúmulo constante de resíduos sólidos urbanos ao longo dos anos.

A acidez ativa do solo é conferida pelo pH em água e na ARS possui valores de 7,38 e 7,44 nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente. Estes valores conferem a solos alcalinos, e que, neste caso, já alterados pelos diferentes resíduos sólidos depositados nesta área. Diferentemente dos valores de pH dos solos da APP que conferem valores **ácidos** de 5,47 na camada 0-20 cm e 5,58 na camada 20-40 cm. Conforme Freire et al. (2021), Santos et al. (2011) e Santos et al. (2018), naturalmente, solos tropicais brasileiros são tipicamente ácidos, corroborando com os valores de acidez do solo da APP.

Os valores alcalinos de solos da ARS podem estar relacionados diretamente com os altos valores de Ca, pois a deposição de resíduos da construção civil, materiais como gesso e calcário; resíduos industriais que utilizam carbonatos de cálcio e; resíduos orgânicos domiciliares como é o exemplo das cascas de ovos, aumentam significativamente os valores de cálcio no solo, alterando os valores de acidez e eliminando os valores de Al tóxico do solo (Tabela 1).

Os atributos químicos P e K também estão agrupados na ARS (Figura 1), valores bem elevados nesta área quando comparados aos valores da APP (Tabela 1). O elemento P e K na camada 0-40 cm de profundidade alcançaram valores médios de 97,20 mg dm<sup>-3</sup> e 454,50 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. As principais fontes de P oriundos de resíduos sólidos são orgânicos, como restos de comida (carnes, peixes, laticínios) e resíduos de esgotos sanitários, etc. Valores naturais de P são pobres

**em solos** tropicais brasileiros (Raij, 2011), condizentes com valores da Tabela 1 na APP. Assim como o P, o K também possui baixos valores em solos intemperizados e lixiviados. Neste caso de APP, a fração granulométrica é predominantemente grossa (areia) com pequenas quantidades de minerais fornecedores de K (Villar, 2007).

Sobre o elemento químico Zn em ARS, pode-se ter origem de resíduos domésticos, como pilhas e baterias, componentes eletrônicos, embalagens metálicas e alguns tipos de plásticos; resíduos industriais de galvanização, fundição, manufatura e mineração geram resíduos ricos em zinco, que podem provocar impactos no solo e meio ambiente, assim como sérios problemas de saúde. Segundo a Associação Internacional do Zinco, os íons livres de Zn, fonte de toxicidade, podem interagir com vários constituintes da água, do solo e dos sedimentos, poluindo o meio ambiente.

Finalmente, a MO do solo está associada à ARS (Figura 2), corroborando com dados da Tabela 1. Valores altos de MO do solo nesta área está associada ao acúmulo de resíduos orgânicos de atividades residenciais e industriais. Os resíduos sólidos produzidos em municípios com menos de 50 mil habitantes, caracterizam-se por apresentar alto teor de matéria orgânica (50% a 70%) e considerável porcentual (8% a 15%) de material reciclável (Pereira Neto, 1995).

Um dos problemas mais visíveis nos lixões com altos teores de MO é o chorume. O chorume é um líquido com alto teor de matéria orgânica e que pode apresentar metais pesados provenientes da decomposição de embalagens metálicas e pilhas. Área de resíduos sólidos (lixões) por serem na verdade uma mera disposição de resíduos a céu aberto construída sobre terrenos que permitem, além do escoamento do chorume, também a sua infiltração no solo, levando à contaminação de águas subterrâneas (Fadini, 2001).

**NOTA.** Os dados detalhados dos atributos químicos e distribuição granulométrica oriundos das análises de solos de área com resíduos sólidos urbanos (ARS) e área de preservação permanente (APP), estão na Tabela 1 em anexo. Os dados gerados das análises de componentes principais (ACP) e suas cargas fatoriais estão na Tabela 2, também em anexo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

- a) A qualidade química de solos está alterada de forma significativa em área de resíduos sólidos (lixão a céu aberto por mais de 30 anos) no município de Cristino Castro-PI.
- b )A maioria dos atributos químicos possuem valores mais elevados em área contendo resíduos sólidos urbanos, quando comparados aos atributos de uma área preservada.

- c ) Os principais atributos químicos que foram impactados pelos resíduos sólidos foram: acidez ativa, cálcio, fósforo, potássio, zinco e matéria orgânica do solo, oriundos de depósitos e acúmulos diários de componentes poluidores do meio ambiente.
- d) A área contendo resíduos sólidos urbanos tem sofrido alterações significativas nas diferentes camadas de solo avaliadas (0-20 cm e 20-40 cm), impactando diretamente o meio ambiente.
- e) É essencial a elaboração de um planejamento estratégico que sensibilize a população em busca de soluções dos problemas com resíduos sólidos urbanos (lixão a céu aberto).
- Campanhas educativas sobre a conservação e preservação do meio ambiente
- f) já vem sendo feitas nas escolas do município por meio de palestras e seminários.
- g) Projetos para investimento na coleta seletiva de resíduos sólidos foram aprovados recentemente pelo município, uma vez que, projetos e ações desta natureza são fundamentais para um sistema de recolhimento de materiais recicláveis.
- h) A construção e instalação projetada de um aterro sanitário para que os resíduos sólidos fiquem seguros e controlados, já estar em andamento no município, visando reduzir os impactos negativos ao meio ambiente e melhorar a qualidade de vida das pessoas.

## AGRADECIMENTOS

À Prefeitura Municipal de Cristino Castro e a Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, por apoiar e financiar esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ADDINSOFT. Xlstat version 2025. **Software e guia do usuário.**

ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DO ZINCO. **O Zinco no Meio Ambiente: compreendendo a ciência.** Disponível em: <https://icz.org.br/upfiles/arquivos/publicacoes/o-zinco-no-meio-ambiente-compreendendo-a-ciencia.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2025.

COMAR - Consórcio público intermunicipal multifinalitário do alto rio pardo. **Manual de Implantação da Coleta Seletiva.** 2024. Disponível em: <https://comar.mg.gov.br/> Acesso em: 11 nov. 2025.

FADINI, P.S.; FADINI, A.A.B. **Lixo: desafios e compromissos. Cadernos temáticos de Química Nova na Escola.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Química. 2001. p.9-18.

FREIRE, F.J.; SANTOS, R.L.; LIMA, D.R.M.; ALMEIDA, I.V. **Fertilidade em solos tropicais.** In: FERNANDES, J.G.; CARVALHO, E.X. Solos: estudos, potencialidades e uso. Ed. 1, Recife-PE, Instituto Agronômico de Pernambuco -IPA, 2021. 217p.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia.** Disponível em <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em mai. 2017.

KAISER, H.F. (1974). An index of factorial simplicity. **Psychometrika**, 39, 31-36.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Fertilidade do solo e produtividade agrícola.** In:

NOVAIS RF, ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (eds.) **Fertilidade do solo**, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

MENEZES, D.C.; NETO, H.F.M.; BORGES, M.C.; SANDRI, A.D. Comportamento dos portoalegrenses na separação do lixo residencial. **Revista Administrativa**, v.7, p.129-140, 2014.

PEREIRA NETO, J.T. Um sistema de reciclagem e compostagem, de baixo custo, de lixo urbano para países em desenvolvimento. Viçosa: UFV, 1995. 16p. (UFV. Conselho de Extensão. **Informe Técnico**, 74).

PITTON, S.E.C. Prejuízos ambientais do consumo sob a perspectiva geográfica. Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço urbano. São Paulo: **Cultura Acadêmica**, p.91-110, 2009.

RAIJ, B. V. (2011) **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute.

SANTOS, H.G.; CARVALHO JÚNIOR, W.; DART, R.O.; ÁGLIO, M.L.D.; SOUZA, J.S.; PARES, J.G.; FONTANA, A.; MARTINS, A.L.S.; OLIVEIRA, A.P. O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada. 2.ed. Rio de Janeiro, **Embrapa Solos**, 2011. 67p. (Documentos/Embrapa Solos, 130)

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed., Brasília: **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2018. 356 p.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solos.** 3. ed. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2017. 575 p.

VILLAR, M.L.P. **Manual de interpretação de análise de plantas e solos e recomendação de adubação.** Cuiabá-MT. Junho/2007. Série Documentos, 35. Empresa Mato-grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural – EMPAER-MT.

## ANEXOS

**Tabela 1.** Atributos químicos e distribuição granulométrica de solos de área de resíduos sólidos urbanos (ARS) e área de preservação permanente (APP), no município de Cristino Castro-PI.

Atributos químicos de solos	Áreas			
	ARS		APP	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
pH H <sub>2</sub> O	7,38	7,44	5,47	5,58
H+Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,69	0,69	1,79	2,02
Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0	0	0,38	0,25
Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	13,70	13,50	0,50	0,79
Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,90	0,54	0,18	0,39
K cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,33	1,00	0,05	0,06
SB cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	15,97	15,04	0,69	1,25
T cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	16,67	15,74	2,48	3,27
P mg dm <sup>-3</sup>	111,00	83,40	9,60	6,70
K cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	519,00	390,00	210,00	24,00
Cu mg dm <sup>-3</sup>	3,72	16,30	0,44	0,40
Mn mg dm <sup>-3</sup>	44,40	0,50	25,30	44,80
Fe mg dm <sup>-3</sup>	139,00	101,00	78,10	78,90
Zn mg dm <sup>-3</sup>	45,20	44,50	2,64	2,86
V %	95,80	95,60	27,80	38,20
m %	0	0	35,20	16,70
MO g/kg	31,53	30,82	5,96	12,13
Distribuição granulométrica	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
Argila g/kg	169	257	79	84
Silte g/kg	139	33	59	37
Areia g/kg	692	710	862	879

**Tabela 2.** Cargas fatoriais da análise de componentes principais (ACP) entre variáveis (atributos químicos de solos) e eixos.

Atributos químicos de solos	Cargas fatoriais (eixos)		
	F1	F2	F3
pH H <sub>2</sub> O	0,996	-0,088	0,009
H+Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-0,979	0,083	-0,184
Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-0,973	0,037	0,228
Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,998	-0,057	0,038
Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,873	0,453	-0,184
K cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,988	0,136	0,068
SB cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,999	-0,022	0,03
T cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1	-0,017	0,016
P mg dm <sup>-3</sup>	0,985	0,142	0,097
K mg dm <sup>-3</sup>	0,988	0,137	0,069
Cu mg dm <sup>-3</sup>	0,687	-0,726	-0,034
Mn mg dm <sup>-3</sup>	-0,269	0,915	-0,301
Fe mg dm <sup>-3</sup>	0,872	0,482	0,093
Zn mg dm <sup>-3</sup>	0,997	-0,058	0,05
V %	0,996	-0,055	-0,063
M %	-0,916	0,014	0,4
MO g/kg	0,990	-0,026	-0,138
Distribuição granulométrica	F1	F2	F3
Argila g/kg	0,874	-0,485	-0,024
Silte g/kg	0,488	0,819	0,301
Areia g/kg	-0,991	0,003	-0,13