

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

TIAGO FERNANDES DALL'AGNOL

**FERTILIDADE DOS SOLOS URBANOS DESTINADOS À HORTICULTURA NO
TRIÂNGULO MINEIRO**

Monte Carmelo
2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

TIAGO FERNANDES DALL'AGNOL

FERTILIDADE DOS SOLOS URBANOS DESTINADOS À HORTICULTURA NO
TRIÂNGULO MINEIRO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador (a): Profa. Dra. Tatiane Melo de Lima

Monte Carmelo
2026

TIAGO DALL'AGNOL FERNANDES

FERTILIDADE DOS SOLOS URBANOS DESTINADOS À HORTICULTURA NO
TRIÂNGULO MINEIRO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso
de Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como
requisito necessário para a obtenção do grau
de Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 06 de março de 2026

Banca Examinadora

Profa. Dra. Tatiane Melo de Lima
Orientadora

Prof. Dr. Enio Tarso de Souza Costa
Membro da Banca

Dra. Ana Carolina Pires Jacinto
Membro da Banca

Monte Carmelo
2026

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me sustentado em cada etapa desta caminhada, por ter me dado saúde, discernimento e forças para seguir mesmo quando o caminho parecia longo demais. Nada do que está escrito aqui teria sido possível sem Ele.

Aos meus pais, Edson Dall'Agnol e Kelma Fernandes Dall'Agnol, que são a base de tudo. Obrigado por cada renúncia feita em silêncio, por acreditarem em mim mesmo nos momentos em que eu mesmo duvidei, e por entenderem as ausências durante os anos de graduação. Esta conquista é tão de vocês quanto minha.

Aos meus amigos, que tornaram a jornada mais leve. Obrigado pelas madrugadas de estudo, pelas caronas, pelas conversas que resolveram problemas que nenhum livro resolveria e pelas risadas que equilibraram a pressão das provas e dos prazos. Levo comigo, além do diploma, amizades que a universidade me deu de presente.

À minha orientadora, Profa. Dra. Tatiane Melo de Lima, minha sincera gratidão pela paciência, pela disponibilidade e pelo rigor com que conduziu cada etapa deste trabalho. Suas orientações foram fundamentais não apenas para a construção desta pesquisa, mas para a minha formação como profissional. Obrigado pela confiança e por não deixar que eu me contentasse com o superficial.

À Universidade Federal de Uberlândia, em especial ao Campus Monte Carmelo e ao corpo docente do curso de Agronomia, pela estrutura, pelo ensino público de qualidade e por todas as oportunidades oferecidas ao longo destes anos. Agradeço também aos produtores e responsáveis pelas áreas de agricultura urbana em Monte Carmelo e Iraí de Minas, que abriram suas portas e viabilizaram a coleta de dados desta pesquisa.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	5
2. Objetivos.....	6
2.1 Objetivo Geral.....	6
2.2 Objetivos Específicos	6
3. Referencial Teórico	6
3.1 Agricultura Urbana.....	7
3.2 Solos Urbanos Para A Produção De Alimentos	8
3.3 Agricultura Urbana E Seus Benefícios Socioculturais.....	9
4 Material E Métodos.....	9
5. Resultado E Discussão.....	13
Referências.....	29

RESUMO

Com a tendência mundial de implantação de hortas urbanas a avaliação da fertilidade dos solos é extremamente importante, pois pode garantir produtividade, produtos de qualidade e segurança alimentar. A fertilidade de solos destinados à horticultura é, muitas vezes, negligenciada pelos agricultores, comprometendo a produção e a qualidade nutricional dos alimentos. Assim, objetiva-se com este trabalho realizar um levantamento da fertilidade do solo no tocante às concentrações de macro e micronutrientes em áreas destinadas à agricultura urbana nos municípios de Monte Carmelo e Iraí de Minas, Minas Gerais. As áreas de agricultura urbana foram selecionadas por imagens de satélite disponíveis no Software Google Earth e através de visitas de campo. Nos pontos selecionados foram coletadas amostras compostas nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade. Cada amostra composta foi formada por 10 subamostras. Após a coleta, as amostras foram secadas ao ar e peneiradas (< 2 mm) para posterior determinação dos atributos químicos e físicos do solo. Foram realizadas as seguintes determinações: pH em água, alumínio, matéria orgânica, teores de macro (Ca, Mg, K, P) e micronutrientes (Fe, Cu, Zn e Mn). Os solos urbanos destinados à horticultura tiveram a sua fertilidade alterada em função dos manejos empregados no cultivo, quando comparada a de solo do Cerrado em condições naturais. Os solos cultivados apresentaram elevada disponibilidade de nutrientes e redução da toxidez por alumínio. Entretanto, a maioria das amostras apresentaram pH elevado. Essa alteração pode afetar a disponibilidade de nutrientes, principalmente, os micronutrientes catiônicos, tais como Fe, Cu, Zn e Mn. Além disso, observou-se elevada saturação por bases (V%), onde quase a totalidade das amostras apresenta valores superiores a 80% (classe "muito bom"). E teores de matéria orgânica elevada nas camadas de 0-20 e 20-40, devido ao uso frequente de materiais orgânicos e o intenso revolvimento. Por fim verifica-se que a fertilidade dos solos foi alterada com os manejos empregados, entretanto, nessas áreas o aspecto mais limitante ao desenvolvimento das culturas não é a toxidez por alumínio e disponibilidade de nutrientes, mas sim o excesso e o desequilíbrio nutricional, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo e assistência técnica especializada para garantir sustentabilidade e segurança alimentar na agricultura urbana.

PALAVRAS-CHAVE Produção urbana, Produção familiar, hortaliças, qualidade de vida, segurança alimentar.

INTRODUÇÃO

A crescente urbanização e a concentração da população em centros urbanos têm aumentado a dependência da população urbana de alimentos produzidos em áreas rurais. Atualmente, no Brasil, são 124,1 milhões de pessoas residindo em área urbana (BRASIL, 2022) dependendo da sua inserção no mercado de trabalho para obtenção de renda e aquisição dos seus alimentos. Nesse contexto, a agricultura urbana emerge como uma alternativa viável para a promoção da segurança alimentar, geração de renda e melhoria da qualidade de vida da população.

No Brasil, foi instituído o Programa Nacional de Agricultura Urbana e Periurbana (Decreto Nº 11.700/2023). A Agricultura Urbana e Periurbana (AUP) é uma atividade multifuncional que envolve o desenvolvimento de atividades agrícolas e pecuárias em zonas intra e periurbanas para autoconsumo e/ou comercialização. Nesse modelo de agricultura, os recursos e insumos locais são reaproveitados de modo eficiente e sustentável, e assim, contribui efetivamente com as questões socioeconômicas e ambientais das famílias residentes em áreas urbanas (Aquino; Assis, 2007). Essa é uma excelente estratégia para enfrentar a insegurança alimentar nos centros urbanos.

Neste contexto, os solos urbanos utilizados para o cultivo de hortaliças devem ser manejados com vistas à produção de alimentos. Um dos principais desafios para a implementação eficaz da agricultura urbana é a qualidade e fertilidade do solo. Muitas vezes, esses solos apresentam baixa fertilidade, que pode comprometer a produtividade e a qualidade dos alimentos. A ausência de práticas adequadas de manejo do solo contribui para a degradação desses espaços e limita o seu potencial agrícola.

A fertilidade dos solos destinados à horticultura urbana é frequentemente negligenciada pelos agricultores, o que pode levar a um cultivo ineficiente e ao esgotamento dos nutrientes do solo. Sem o manejo adequado da fertilidade do solo, a matéria orgânica e nutrientes podem comprometer a produtividade agrícola. Por isso, a análise dos atributos químicos do solo é fundamental para garantir a produção de alimentos saudáveis e biofortificados, contribuindo para a melhoria da qualidade da dieta da população. A determinação do pH, matéria orgânica, teores de macro e micronutrientes e possíveis contaminantes devem ser determinados periodicamente para a adoção de práticas adequadas de correção e adubação.

A implementação de programas de educação e assistência técnica para agricultores urbanos é essencial para garantir que as melhores práticas de manejo do solo sejam adotadas. Isso inclui a

capacitação sobre a importância da análise do solo, o uso correto de corretivos e fertilizantes que favorecem a sustentabilidade da produção agrícola urbana.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a fertilidade dos solos no município de Monte Carmelo e Iraí de Minas, estado de Minas Gerais. Visando diagnosticar as condições atuais da fertilidade dos solos urbanos e discutir estratégias para a melhoria da qualidade do solo e seu impacto na segurança alimentar e na qualidade de vida da população.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Realizar um levantamento da fertilidade do solo no tocante às concentrações de macro e micronutrientes em áreas destinadas à agricultura urbana nos municípios de Monte Carmelo e Iraí de Minas, Minas Gerais

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar a fertilidade dos solos urbanos submetidos ao uso agrícola em áreas urbanas nos municípios de Monte Carmelo e Iraí de Minas, estado de Minas Gerais.
- Avaliar os impactos do uso e ocupação dos solos urbanos sobre a fertilidade do solo.
- Identificar as práticas de manejo de solo empregadas na área em estudo, e sua influência sobre a fertilidade do solo;
- Quantificar os atributos químicos do solo, dentre eles: Acidez potencial e total, saturação por alumínio, capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva e total, saturação por base, teores de macro e micronutrientes das áreas submetidas à agricultura urbana.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

A crescente urbanização e a concentração populacional em centros urbanos resultam na maior dependência da população urbana em relação aos alimentos produzidos em áreas rurais. Essa realidade impõe desafios significativos para a segurança alimentar e a qualidade de vida nas cidades, tornando necessária a adoção de soluções sustentáveis, como a Agricultura Urbana e Periurbana (AUP), atividade agrícola e pecuária desenvolvida nas áreas urbanas e periurbanas e integrada ao sistema ecológico e econômico urbano, destinada à produção e à extração de alimentos e de outros bens para o consumo próprio ou para a comercialização. Além disso, determina que a atividade deve atender às legislações sanitária e ambiental pertinentes às fases de produção, processamento e comercialização de alimentos. A AUP não apenas amplia o acesso a alimentos frescos e saudáveis, mas também gera oportunidades de renda para populações economicamente vulneráveis, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico local. Dessa forma, sua implementação eficiente depende do manejo adequado dos solos urbanos, garantindo produtividade e qualidade nutricional dos produtos cultivados.

Um dos principais desafios para a consolidação da AUP é a qualidade e fertilidade do solo, fator determinante para a produtividade agrícola. Em muitas localidades, os solos urbanos apresentam baixos teores de nutrientes e possíveis contaminações, o que pode comprometer a segurança alimentar. A negligência na gestão da fertilidade do solo resulta na redução da produtividade e na deterioração da qualidade dos alimentos. Portanto, é essencial a realização de análises periódicas dos atributos químicos do solo, possibilitando a adoção de estratégias adequadas de adubação e correção, favorecendo a sustentabilidade da produção agrícola urbana.

Nesse contexto, a análise da fertilidade dos solos em Municípios como Monte Carmelo e Iraí de Minas, no estado de Minas Gerais, permite um diagnóstico detalhado sobre a situação dos solos urbanos, possibilitando a formulação de estratégias eficazes para a melhoria da qualidade do solo e seu impacto positivo na segurança alimentar e na qualidade de vida da população.

3.1.AGRICULTURA URBANA

A prática da agricultura em áreas urbanas tem sido fundamental para garantir a segurança alimentar de grupos mais vulneráveis da sociedade urbana como famílias com baixa renda ou desempregadas que vivem em regiões periféricas das cidades. Ao produzir alimentos localmente, há uma redução

na dependência de redes de distribuição extensas e instáveis, além de ajudar na diminuição dos gastos com transporte e compra de itens alimentícios (Aquino; Assis, 2007). A prática da agricultura urbana também desempenha um papel importante no bem-estar mental das pessoas, oferecendo ambientes para interação social e atividades recreativas, além de assegurar que as pessoas tenham acesso a alimentos frescos e saudáveis e promover a inclusão social e educacional das comunidades locais, (Tapia *et al.*, 2021). Do ponto de vista ambiental urbano, a prática da agricultura nas cidades contribui para lidar com questões urbanas como a poluição do ar ao incentivar mais áreas verdes (Caneva; Pacini; Mascolo, 2020; Suzuki; Casalinho; Milani, 2024). Além disso, ela ajuda a reduzir a poluição do solo e da água ao promover técnicas agroecológicas que minimizam o uso de pesticidas. Outra vantagem significativa é o uso de resíduos orgânicos (restos de comida, cascas, e resíduos como palha e folhas secas do jardim ou quintal) gerados na cidade para fazer compostagem estimulando assim a reciclagem e diminuindo a quantidade de resíduos sólidos destinados aos lixões (Abreu, 2016; Hoaghia *et al.*, 2022; Siqueira)

Por final a agricultura urbana pode servir como uma estratégia adaptativa para encarar as mudanças climáticas e seus riscos (Domene *et al.*, 2023; Tomatis *et al.*, 2023).

3.2 SOLOS URBANOS PARA A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

A qualidade dos solos urbanos destinados à produção de alimentos é um dos pilares para o sucesso da agricultura urbana. Diferentemente das áreas rurais, os solos nas cidades podem apresentar histórico de contaminação, adensamento excessivo e deficiência de nutrientes, fatores que comprometem a produtividade e, sobretudo, a segurança dos alimentos ali produzidos (Suzuki; Casalinho; Milani, 2024). O manejo adequado da fertilidade do solo urbano, com base em análises periódicas, é fundamental para ajustar a adubação e corrigir a acidez, possibilitando o desenvolvimento saudável das plantas e a produção de alimentos mais nutritivos. Um solo corrigido favorece a adsorção de micronutrientes importantes para a saúde humana, como ferro, zinco e selênio, resultando em vegetais mais biofortificados (White; Broadley, 2005; Albert *et al.*, 2021; Suzuki; Casalinho; Milani, 2024)

No entanto, um dos maiores desafios da agricultura urbana é a possível presença de contaminantes, especialmente metais pesados como chumbo, cádmio e cromo. Esses elementos, muitas vezes oriundos da poluição veicular, da atividade industrial ou do uso anterior do solo, podem ser

absorvidos pelas plantas e, ao entrarem na cadeia alimentar, representar riscos à saúde da população (Bretzel *et al.*, 2018).

Pesquisas recentes mostram que vegetais cultivados em áreas urbanas podem apresentar níveis de contaminação superiores aos limites permitidos por órgãos reguladores, (Suzuki; Casalinho; Milani, 2024; Ruan *et al.*, 2025). Isso evidencia a necessidade de uma avaliação mais criteriosa, que considere não apenas a presença de contaminantes no solo, mas também sua biodisponibilidade para as plantas.

A escolha de locais adequados para o cultivo, a análise prévia do solo, além da adoção de boas práticas agrícolas, pode mitigar riscos e garantir alimentos seguros e saudáveis para a população urbana (Curan; Marques, 2021; Gupta *et al.*, 2021). Assim, a segurança alimentar e a sustentabilidade da produção estão diretamente ligadas à forma como se cuida do solo nas cidades.

3.3 AGRICULTURA URBANA E SEUS BENEFÍCIOS SOCIOCULTURAIS

Muitos fatores ambientais, sociais, fisiológicos e genéticos moldam a saúde mental de um indivíduo (World Health Organization, 2021), a agricultura urbana pode ajudar na maioria destes fatores pois incentiva indivíduos a cultivar seu alimento, passar tempo fora de casa e comer frutas e vegetais.

Há uma associação positiva entre a agricultura urbana e uma melhora psicológica, social e física assim como benefícios sociais e econômicos. Projetos sociais e seus participantes de comunidades podem ter níveis reduzidos de estresse e redução do tempo dentro de casa devido a devido as atividades práticas desenvolvidas nas hortas urbanas (Curan; Marques, 2021).

Também é crucial considerar o nível de participação de um produtor em hortas urbanas. Um estudo trabalho de extensão desenvolvido por Santos *et al.*, (2022) mostrou que um grupo de 30 pessoas em atividades com a horta comunitária desenvolveram habilidades como: a aprendizagem de variadas técnicas de cultivo; o fortalecimento das relações interpessoais entre si; o desenvolvimento da autonomia e auto-organização do coletivo; e a constituição deste como importante rede de apoio para seus integrantes.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A área selecionada para este estudo está localizada em Monte Carmelo e Iraí de Minas, no estado de Minas Gerais, na região do Triângulo Mineiro (Figuras 1 e 2), Bioma Cerrado. Os solos de ocorrência nas áreas de estudo e nos pontos de amostragem pertencem, principalmente, à classe dos Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelho-Amarelos, ambos distróficos (Embrapa, 2018). Situado em altitude média foi de 900 m, variando de 873 a 991m. A altitude foi tomada com uso de GPS.



Figura 1. Localização das áreas de coleta em Iraí- MG. Imagem: Google Earth, 2026.



Figura 2. Localização das áreas de coleta em Iraí- MG. Imagem: Google Earth, 2026.

Imagens de satélite do Google Earth foram utilizadas para definição prévia e direcionamento dos pontos de amostragem em áreas de hortas. Foram definidos 32 pontos de amostragem, nos quais, foram alocados em todas as regiões da área urbana do município de Monte Carmelo e Iraí de Minas, a escolha dos pontos de coleta foi realizada de forma randomizada para a obtenção de representatividade. O objetivo, neste caso, foi amostrar áreas destinadas a hortas em áreas urbanas. As coletas de solo foram realizadas no período de outubro de 2023 a fevereiro de 2024. Em cada área de amostragem (Figura 2), foram coletadas duas amostras compostas, sendo uma da camada 0-20 cm, e a outra 20-40 cm, totalizando 64 amostras de solo na área de estudo.

Para realização da amostragem, foi utilizado um trado tipo holandês. Após a coleta, as amostras foram levadas ao laboratório, secadas ao ar e passadas em peneira de abertura 2mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA). Nesse material de solo, foram determinados os principais atributos químicos e físicos necessários para avaliação da fertilidade do solo, conforme descrição a seguir.

Determinação dos atributos químicos e físicos

Foram determinados os seguintes atributos do solo: acidez ativa (pH em água); acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$); Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis; K^+ , P, Zn, Cu, Fe e Mn disponíveis; capacidade de troca de cátions efetiva e potencial; teores de areia, silte e argila; matéria orgânica do solo. Os procedimentos analíticos adotados seguiram o Manual de Métodos de Análise de Solo no Brasil (Teixeira *et al.*, 2017), com modificações e/ou citações dos métodos originais conforme descrição abaixo.

O pH em água foi determinado a partir do preparo de uma suspensão do solo: água na relação 1:2,5 (v/v), a qual foi agitada (agitador orbital) por 15 minutos e deixada em repouso por 1 hora até o momento da leitura de pH. A acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) foi determinada pela análise do pH em solução-tampão SMP. Para isso, 10 cm³ de TFSA foram acondicionados em potes plásticos com capacidade para 50 mL e adicionados 25 mL de solução de $CaCl_2$ 0,01 mol L⁻¹ e 5 mL da solução-tampão SMP. Essa suspensão foi agitada por 15 minutos a 220 rpm em agitador orbital. Após o período de agitação, a suspensão foi deixada em repouso por uma hora e, em seguida, procedeu-se à leitura do pH de equilíbrio.

Quanto aos cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+}), estes foram extraídos em solução KCl 1,0 mol L⁻¹ na relação solo: solução extratora de 1:10 (v/v). Utilizando-se erlenmeyer com capacidade para 250 mL, a suspensão do solo foi agitada durante 15 min (agitador orbital) e deixada em repouso por 16 horas.

No sobrenadantes coletados, Ca^{2+} e Mg^{2+} foram quantificados por espectrometria de absorção atômica com atomizador tipo chama e Al^{3+} por titulação com solução de NaOH a 0,025 mol L⁻¹. Utilizando a mesma relação solo:extrator e o mesmo procedimento de agitação e repouso, o K^+ , P, Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} e Fe^{2+} disponíveis foram extraídos com uso da solução Mehlich-1. O K^+ foi quantificado em fotômetro do tipo chama e o P pelo método colorimétrico em solução ácida de molibdato de amônio. Os micronutrientes (Cu, Zn, Mn e Fe) foram determinados por espectrometria de absorção atômica com atomizador tipo chama.

A partir da determinação de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Al^{3+} e ($H^{2+} + Al^{3+}$) foi calculada a soma de bases (SB) e a capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva (t) e potencial (T). A capacidade de troca catiônica efetiva foi determinada pela soma de SB + Al^{3+} e a CTC potencial pela soma de SB e acidez potencial (H + Al). A saturação por alumínio (m) foi obtida pela relação entre Al^{3+} e t, e a saturação por bases (V) pela relação entre SB e T. A análise granulométrica do solo foi realizada pelo método do Densímetro (Embrapa, 2013).

Análise estatística

Com os dados obtidos, realizou-se a análise estatística descritiva (mínimo, máximo, média, mediana e desvio-padrão). Posteriormente, realizaram-se as distribuições de frequência para cada atributo do solo analisado. Os intervalos e amplitude das classes nas distribuições de frequência, para cada atributo, foram estabelecidas como sendo os intervalos comumente empregados na interpretação da fertilidade do solo. Para fins de comparação, para cada atributo analisado, foram considerados os níveis críticos no solo. As análises estatísticas e construção de gráficos foram realizadas com auxílio dos programas Rstudio e Sigma Plot.

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

As Tabelas 1 e 2 apresentam as análises estatísticas descritivas referentes aos atributos químicos e físicos do solo das áreas amostradas destinadas à agricultura nas camadas de 0 – 20 e 20 – 40 cm, respectivamente. São apresentados os valores mínimos, máximos, médios, mediana, desvio padrão e nível de crítico na camada de 0 – 20, conforme estabelecido por (Alvarez *et al.*, 1999); para os

atributos químicos e físicos dos solos urbanos. Os resultados obtidos sugerem solos de elevada fertilidade em função da ação antropogênica, distanciando-se das características naturais de solos tropicais, que são comumente ácidos, com baixa disponibilidade de nutrientes e de baixa saturação por bases (Lima et al., 2024).

Tabela 1. Estatística descritiva dos atributos dos solos amostrados em áreas destinadas à agricultura urbana no Triângulo Mineiro na profundidade de 0 – 20 cm.

Atributo	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio padrão ¹	NC ²
Profundidade 0 - 20 cm						
pH solo	5,4	8,0	6,5	6,5	0,6	5,5-6,0
H ⁺ + Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,0	1,4	0,6	0,6	0,4	5,0
t (cmol _c dm ⁻³)	2,9	17,9	7,1	6,5	3,2	4,6
T (cmol _c dm ⁻³)	3,7	17,8	7,6	6,7	3,2	8,6
m (%)	1,2	1,8	1,4	1,4	0,1	50
SB (cmol _c dm ⁻³)	2,9	17,7	7,0	6,4	3,2	3,6
V (%)	77,4	100,1	91,4	91,8	6,4	60
K ⁺ (mg dm ⁻³)	59,4	559,7	224,4	172,4	138,0	70
P-M1 (mg dm ⁻³)	4,7	107,7	21,1	13,2	22,0	-
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,9	14,5	5,0	4,5	2,5	2,4
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,4	3,1	1,4	1,3	0,8	0,9
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	1,0
Fe (mg dm ⁻³)	12,2	58,6	25,1	20,8	11,8	30
Mn (mg dm ⁻³)	2,5	80,4	26,9	24,9	16,3	8,0
Zn (mg dm ⁻³)	0,1	238,3	29,6	9,3	48,7	1,5
Cu (mg dm ⁻³)	0,3	5,0	1,3	0,9	1,0	1,2
MOS (g kg ⁻¹)	11,0	37,0	25,5	26,0	6,3	40
Argila (g kg ⁻¹)	288,0	559,0	429,7	424,5	63,3	-

¹ DP: desvio-padrão da média; ² NC: nível crítico considerado no solo (Alvarez *et al.*, 1999); * interpretação do NC depende do teor de argila.

Tabela 2. Estatística descritiva dos atributos dos solos amostrados em áreas destinadas à agricultura urbana no Triângulo Mineiro na profundidade de 20 - 40 cm.

Atributo	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio padrão ¹
Profundidade 20 – 40 cm					
pH solo	5,3	7,8	6,3	6,0	0,8
H ⁺ + Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,0	1,8	0,6	0,6	0,4
t (cmol _c dm ⁻³)	1,3	14,3	4,8	3,8	2,9
T (cmol _c dm ⁻³)	1,9	14,3	5,3	4,2	2,8
m (%)	1,1	2,2	1,4	1,4	0,2
SB (cmol _c dm ⁻³)	1,3	14,1	4,7	3,8	2,8
V (%)	68,9	100,0	85,5	87,3	9,3
K ⁺ (mg dm ⁻³)	31,2	438,5	147,9	105,9	102,4
P-M1 (mg dm ⁻³)	4,6	89,9	16,2	11,6	17,1
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,0	11,7	3,4	2,9	2,2
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,2	3,6	0,9	0,5	0,7
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0
Fe (mg dm ⁻³)	11,1	73,2	23,4	19,5	15,2
Mn (mg dm ⁻³)	3,0	43,6	15,4	10,3	11,8
Zn (mg dm ⁻³)	0,0	121,4	10,3	2,0	23,9
Cu (mg dm ⁻³)	0,4	6,0	1,3	0,9	1,3
MOS (g kg ⁻¹)	13,0	34,0	21,4	22,0	5,8
Argila (g kg ⁻¹)	332,0	596,0	452,5	444,0	59,9

¹ DP: desvio-padrão da média;

ACIDEZ DO SOLO

A análise dos componentes da acidez nas áreas de agricultura urbana demonstra que a fertilidade dos solos amostrados se diferencia significativamente das condições naturais de solos tropicais, geralmente caracterizados por elevada acidez e toxicidade de alumínio (Lopes; Guilherme, 2016). Os resultados obtidos para as camadas de 0-20 cm (Figura 3) e 20-40 cm (Figura 4) indicam a correção excessiva do solo.

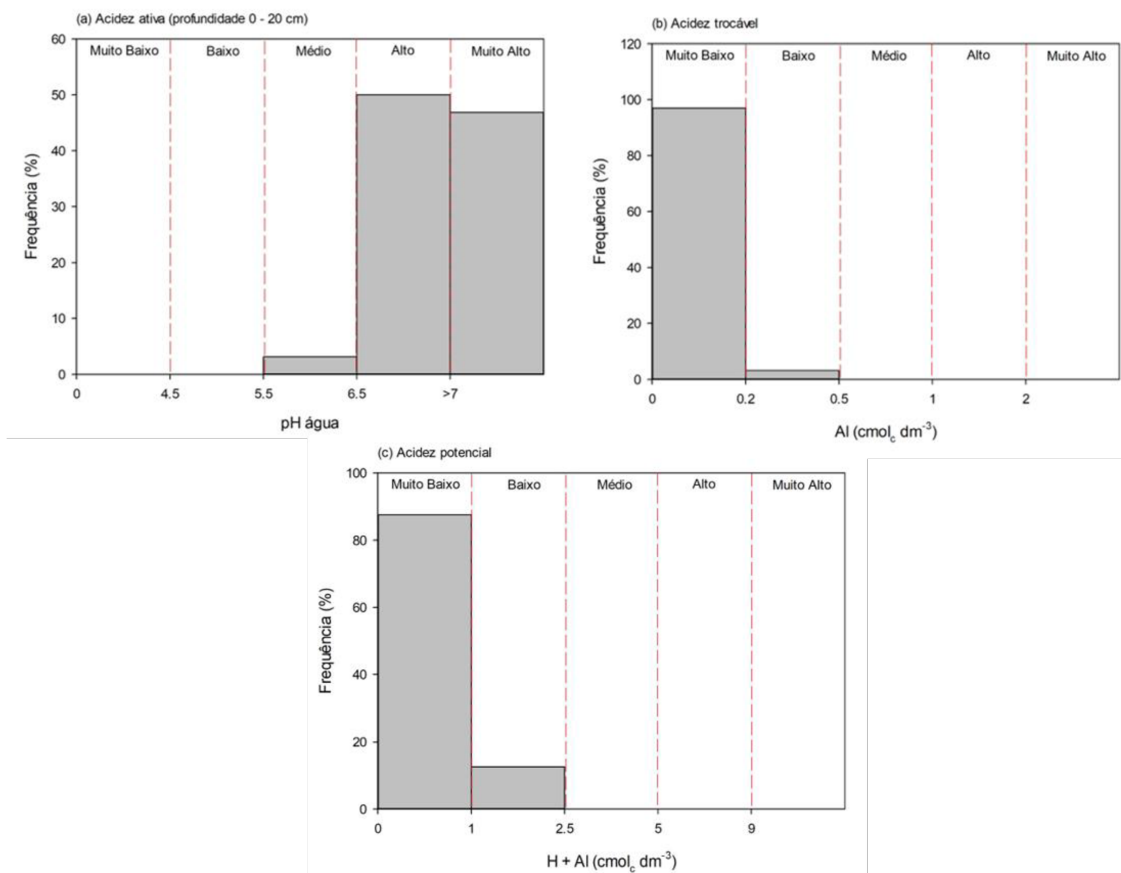


Figura 3. Distribuição de frequência para os componentes da acidez dos solos (ativa, trocável e potencial), na profundidade de 0 – 20 cm. Nível crítico considerado: limite superior do intervalo médio (Alvarez *et al.*, 1999).

Verifica-se que a acidez ativa (pH em água) na camada superficial (0-20 cm), está elevada em 97% das amostras, apresentando pH Alto (6,5 a 7,0) e Muito Alto (> 7,0). Na camada subsuperficial (20-40 cm), o comportamento é semelhante, embora com uma ligeira redução na frequência da classe "Muito Alto" em comparação à superfície, sugerindo que a alteração química é mais intensa na camada superficial.

Segundo os níveis de interpretação para solos tropicais (Ribeiro *et al.*, 1999), o pH ideal para a maioria das culturas agrícolas situa-se entre 5,5 e 6,5. Valores acima de 7,0 são considerados

excessivos, essa tendência de pH elevado em solos urbanos está associada à presença de materiais de construção (cimento, cal, gesso) e ao manejo doméstico inadequado, como a aplicação empírica de cinzas e calcário. Nas Figuras 3 e 4 verifica-se, também, a acidez Trocável (Al^{3+}) e acidez Potencial ($\text{H} + \text{Al}$), que possuem influência direta do pH elevado e, conseqüentemente, dos baixos teores de alumínio trocável. Em ambas as profundidades, a frequência da acidez trocável (Al^{3+}) na classe "Muito Baixo" ($< 0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) é próxima de 100%. Em pH em água acima de 5,5, o alumínio tende a precipitar-se na forma de $\text{Al}(\text{OH})_3$ deixando de ser tóxico para as plantas (Lima *et al.*, 2024). Quanto à acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$), na camada de 0-20 cm, a maior parte das amostras encontra-se na classe "Muito Baixo" ($< 1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Na camada de 20-40 cm, 90% das amostras encontram-se entre 1,0 a 2,5 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

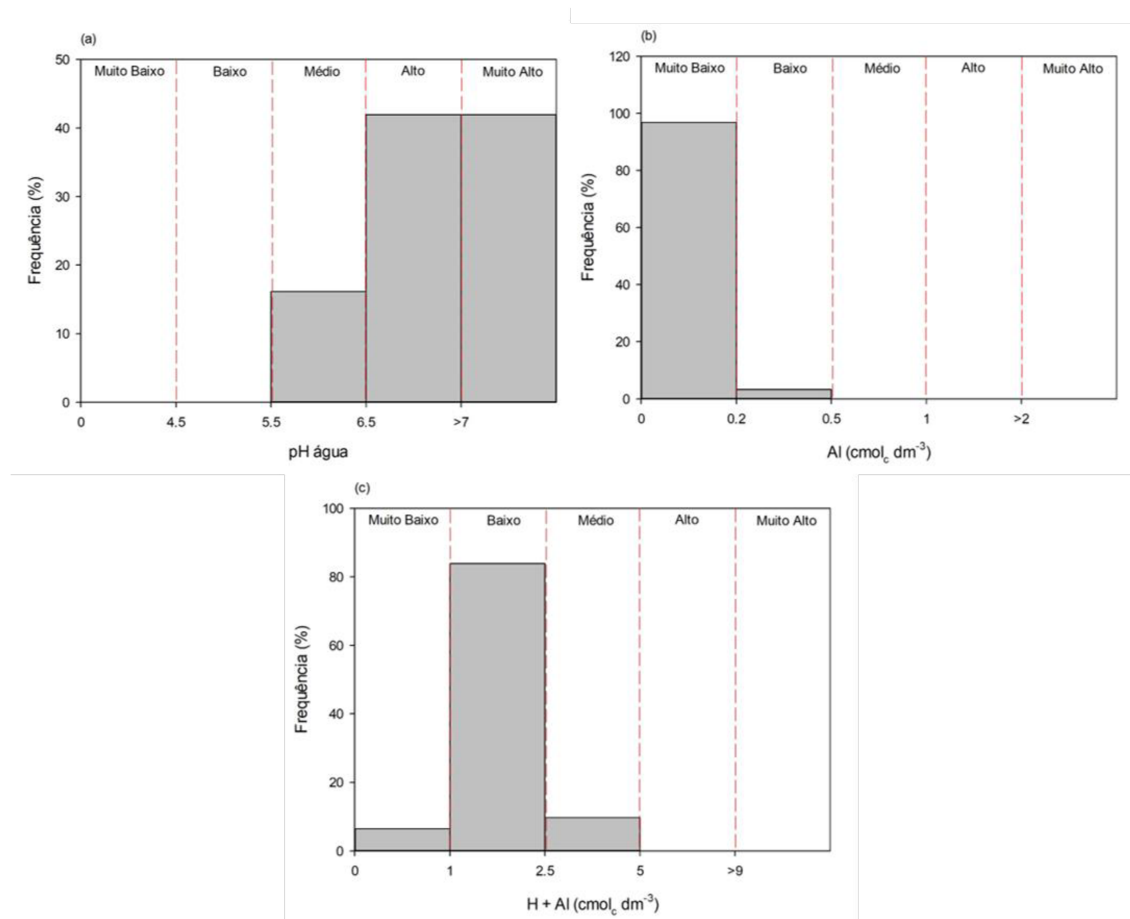


Figura 4. Distribuição de frequência para os componentes da acidez dos solos (ativa, trocável e potencial), na profundidade de 20 - 40 cm. Nível crítico considerado: limite superior do intervalo médio (Alvarez *et al.*, 1999).

Esses resultados sugerem que a ausência de orientação técnica, a qual tem implicações importantes sobre a fertilidade dos solos destinados a produção agrícola em domicílios urbanos. Durante as coletas, os agricultores relataram que não fazem análise de solo e não recebem orientações técnicas para realizar a aplicação de corretivos e fertilizantes, essa informação obtida em campo corrobora com os resultados obtidos.

Dessa forma, o manejo de solos em quintais e hortas urbanas, muitas vezes, ignora os critérios de manejo da fertilidade do solo, que passa, primeiramente, pela realização da amostragem e análise de solo para diagnóstico da fertilidade do solo e recomendação do uso de corretivos e fertilizantes. O manejo inadequado da calagem resulta em uma "supercalagem" que afeta a nutrição e disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Embora a eliminação do alumínio seja benéfica, o pH excessivamente alto afeta a disponibilidade de micronutrientes, em solos com $\text{pH} > 7,0$, a disponibilidade de micronutrientes catiônicos como Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn) e Cobre (Cu) é drasticamente reduzida devido às reações de sorção, como a precipitação devido à formação de hidróxidos. Além disso, tem-se a redução na disponibilidade de Fósforo (P), que em condições de alcalinidade pode precipitar-se com o Cálcio (Ca), tornando-se indisponível para a absorção radicular (Batista, 2018; Lima *et al.*, 2024).

COMPLEXO DE TROCA

A análise do complexo de troca das áreas destinadas a agricultura urbana em Monte Carmelo e Iraí de Minas revela solos com intensa alteração antropogênica. Os solos nas camadas de 0 – 20 cm (Figura 5) e 20 – 40 cm (Figura 6) possuem variados valores da CTC efetiva (t) e potencial (T), Soma de Bases e (SB) e Saturação por Bases (V%). Observou-se uma tendência da CTC efetiva de se elevar e aproximar da CTC potencial, em valores elevados de pH, onde ocorre a desprotonação dos grupos funcionais da matéria orgânica e das superfícies dos colóides do solo, aumentando o número de cargas negativas disponíveis para adsorver cátions. Assim, a CTC medida no pH atual do solo, ou seja, a CTC efetiva, torna-se muito próxima da CTC potencial, pois quase todos os sítios de troca já estão ativos.

Os resultados para a Soma de Bases (SB) na camada superficial indicam que mais de 70% das amostras estão nas classes "Alto" e "Muito Alto". A Saturação por Bases (V%) 80% das amostras apresentam valores superiores na classe "Muito Alto".

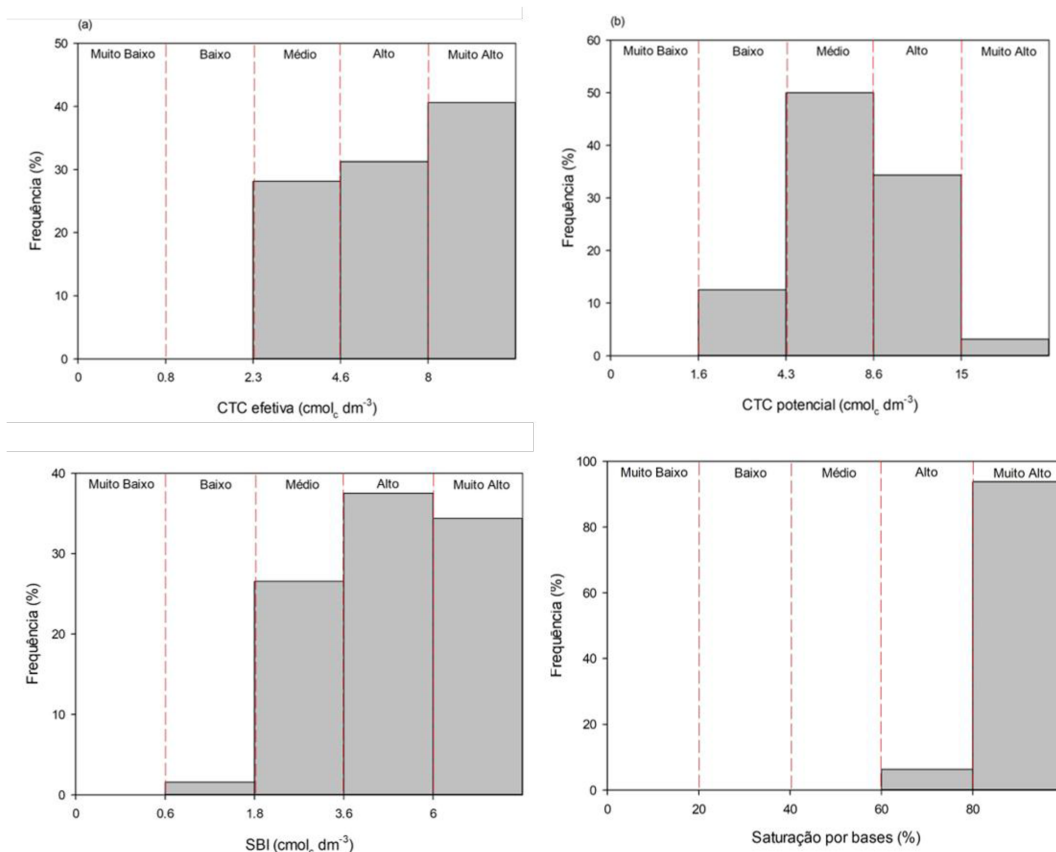


Figura 5. Distribuição de frequência para frequência para CTC efetiva e potencial, soma de bases (SB) e saturação por bases (V %) dos solos em função dos critérios de interpretação na profundidade de 0 - 20 cm. Nível crítico considerado: limite superior do intervalo médio (Alvarez *et al.*, 1999).

Ao comparar com a camada de 20-40 cm, observa-se que essa condição de alta fertilidade não é apenas superficial. A SB desloca-se ainda mais para a classe "Muito Alto" (superior a 50% das amostras) e a saturação por bases (V%) atinge 100% de frequência na categoria "Muito Alto". Em solos tropicais sob condições naturais, os valores de V% raramente ultrapassam 20% a 30% (Lima *et al.*, 2024), sendo necessária a calagem para atingir o nível de 60% a 70% exigido pela maioria das hortaliças (Ribeiro *et al.*, 1996).

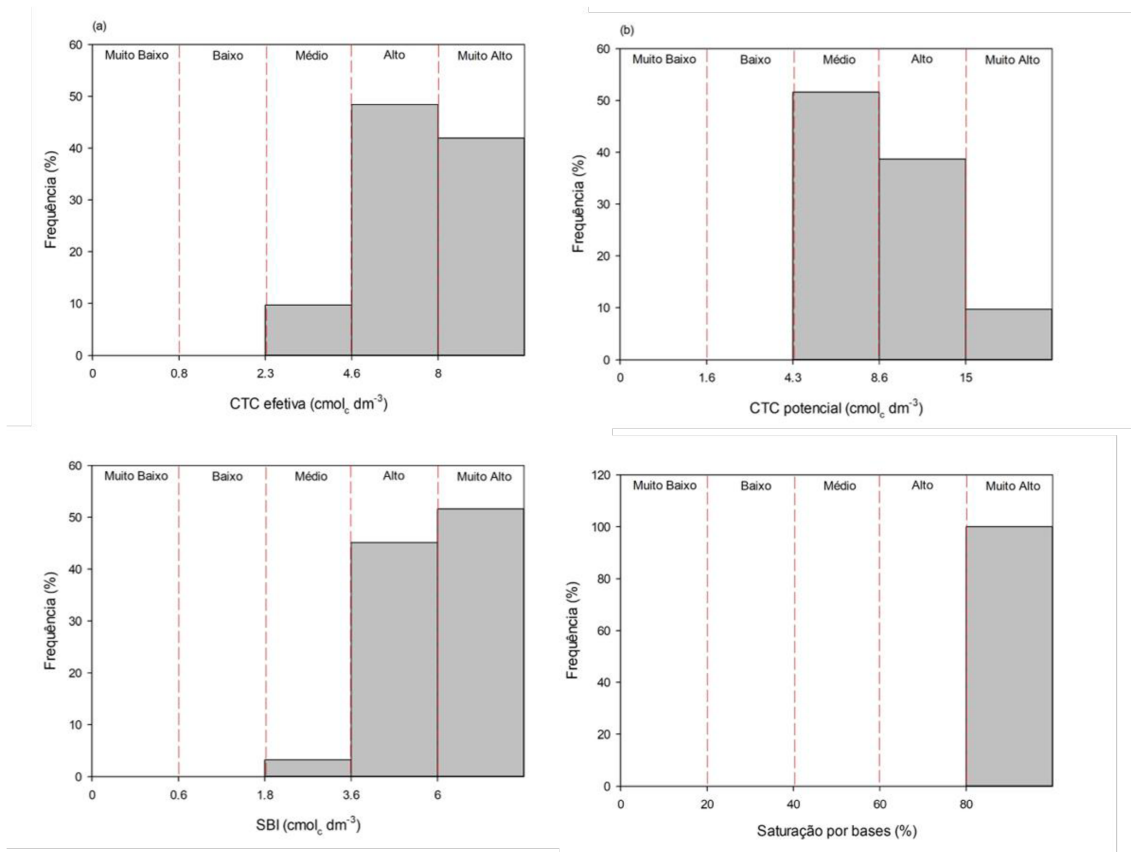


Figura 6. Distribuição de frequência para frequência para CTC efetiva e potencial, soma de bases (SB) e saturação por bases (V %) dos solos em função dos critérios de interpretação na profundidade de 20 - 40 cm. Nível crítico considerado: limite superior do intervalo médio (Alvarez *et al.*, 1999).

Os valores encontrados sugerem solos saturados, possivelmente devido ao acúmulo de Cálcio (Ca^{2+}) e Magnésio (Mg^{2+}) provenientes de fontes externas. A CTC efetiva apresenta predominância nas classes "Alto" e "Muito Alto" em ambas as profundidades (Figura 5 e 6). Isso reflete a elevada presença de bases. Para CTC potencial (pH 7,0) as amostras concentram-se majoritariamente na classe "Médio" (4,3 a 8,6 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). A manutenção desses níveis em profundidade (20 – 40 cm) é um indicativo de que o manejo urbano, embora sem orientação técnica, tem provocado a movimentação de bases para a subsuperfície e, ou, a incorporação profunda de materiais corretivos. A elevada saturação por bases em solos urbanos destinados à produção de alimentos é um reflexo direto da falta de orientação técnica. Diferente da agricultura que segue recomendações técnicas, o calcário é aplicado com base em cálculos de necessidade de calagem (NC) que consideram a

neutralização do alumínio, a elevação dos teores de cálcio e magnésio e a elevação da saturação por bases para valores apropriados para cada cultura. No ambiente doméstico o uso de corretivos, cinzas e resíduos de construção civil é feito de forma empírica e desordenada.

A aplicação de resíduos sem seguir recomendações técnicas pode provocar desequilíbrios nutricionais entre os cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} no complexo de troca. Isso, por sua vez, afeta a disponibilidade desses nutrientes para as plantas mesmo quando estão presentes no solo (Lima *et al.*, 2026).

MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

A dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) nas amostras das áreas estudadas revela um padrão atípico em comparação aos solos tropicais em condições naturais. Na camada de 0-20 cm (Figura 7), observa-se que aproximadamente 80% das amostras situam-se na classe "Médio" (20 a 40 g kg^{-1}), enquanto os 20% restantes são classificados como "Baixo" (7-20 g kg^{-1}).

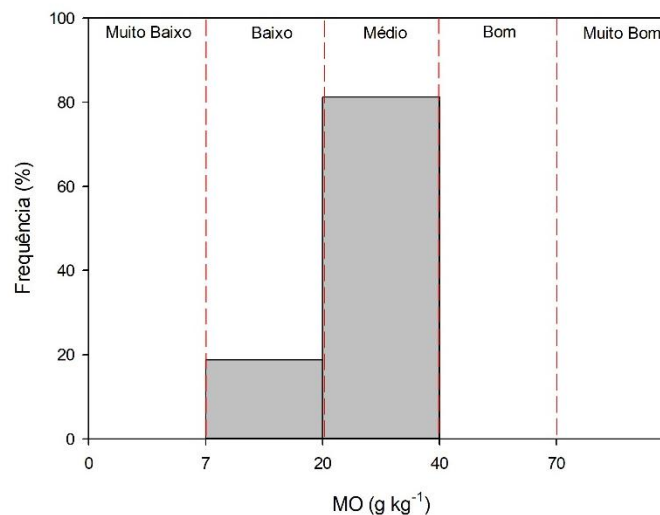


Figura 7. Distribuição de frequência para matéria orgânica dos solos na profundidade de 0 – 20 cm. Nível crítico considerado: limite superior do intervalo médio (Alvarez *et al.*, 1999).

Ao analisar a camada de 20-40 cm (Figura 8), os resultados indicam um incremento significativo nos teores de MOS, cerca de 52% das amostras atingem a classe "Bom" (40 a 70 g kg^{-1}), com as demais permanecendo na classe "Médio". Esse comportamento, onde a concentração de MOS é

maior na subsuperfície do que na camada arável é um forte indicativo de antropização acentuada, sugerindo o soterramento de resíduos em função do revolvimento do solo (cortes e aterros) comum em áreas urbanas (Campos, 2010; Chew *et al.*, 2019).

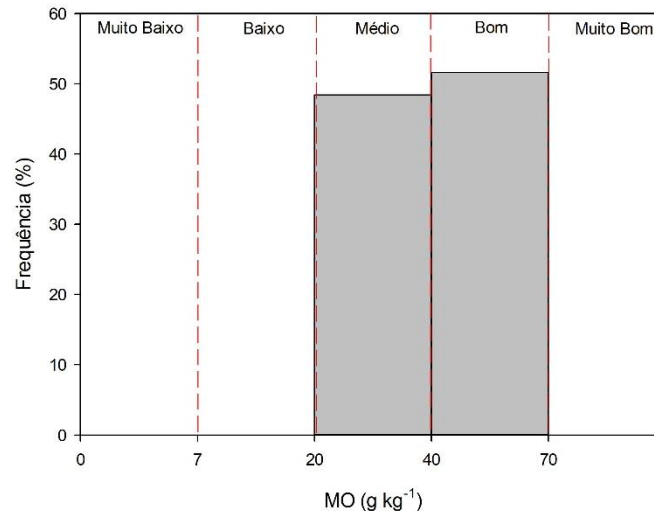


Figura 8. Distribuição de frequência para matéria orgânica dos solos na profundidade de 20 - 40 cm. Nível crítico considerado: limite superior do intervalo médio (Alvarez *et al.*, 1999).

O teor de MOS superior na camada de 20 – 40 cm decorre do uso frequentemente de resíduos orgânicos domiciliares e entulhos e o intenso revolvimento do solo, que incorpora MOS na camada subsuperficial, isso por sua vez altera o perfil natural de deposição da MOS. O incremento de MOS é interessante para a fertilidade do solo pois aumentam a capacidade de troca catiônica (CTC), fornecimento de nitrogênio (N) e enxofre (S) via mineralização (Lima *et al.*, 2024).

MACRONUTIRENTES

Os resultados referentes aos macronutrientes (Ca, K, Mg e P) nos solos urbanos analisados apresentam teores elevados desses nutrientes nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm (Figura 9 e 10). Na camada de 0 – 20 cm de profundidade, observa-se uma predominância de teores na classe

"Muito Bom". Potássio (K) apresenta a maior saturação, com cerca de 65% das amostras na classe "Muito Bom" ($> 120 \text{ mg dm}^{-3}$). Fósforo (P) mais de 70% das amostras com teores de P disponível em faixa adequada, sendo que 45% estão acima de 18 mg dm^{-3} . Para cálcio (Ca) 50% das amostras atingem o nível "Muito Bom" ($> 4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Dentre os macronutrientes o Magnésio (Mg) é o mais limitante, está abaixo do nível adequado em 38% das áreas amostradas (Figura 9).

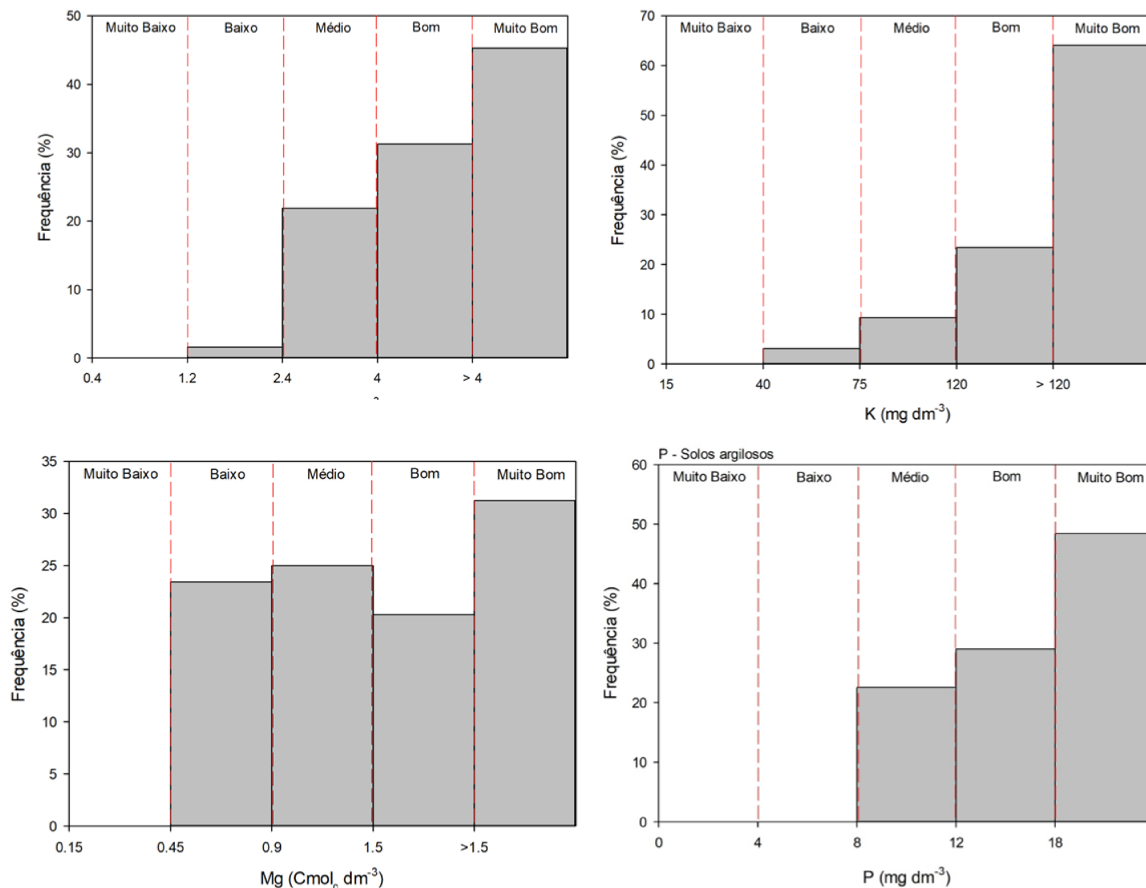


Figura 9. Distribuição de frequência para os teores de Ca, K, Mg e P disponível dos solos em função dos critérios de interpretação (P textura) na profundidade de 0 – 20 cm. Nível crítico considerado: limite superior do intervalo médio (Alvarez *et al.*, 1999).

Na camada subsuperficial (20-40 cm) os teores de Ca, Mg, K e P também são encontrados em teores elevados para solos tropicais. Cálcio mais de 60% das amostras na classe estão acima de 4

$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Potássio mais de 80% acima de 120 mg dm^{-3} ; Fósforo 68% das amostras apresentam teores acima de 12 mg dm^{-3} (Figura 10).

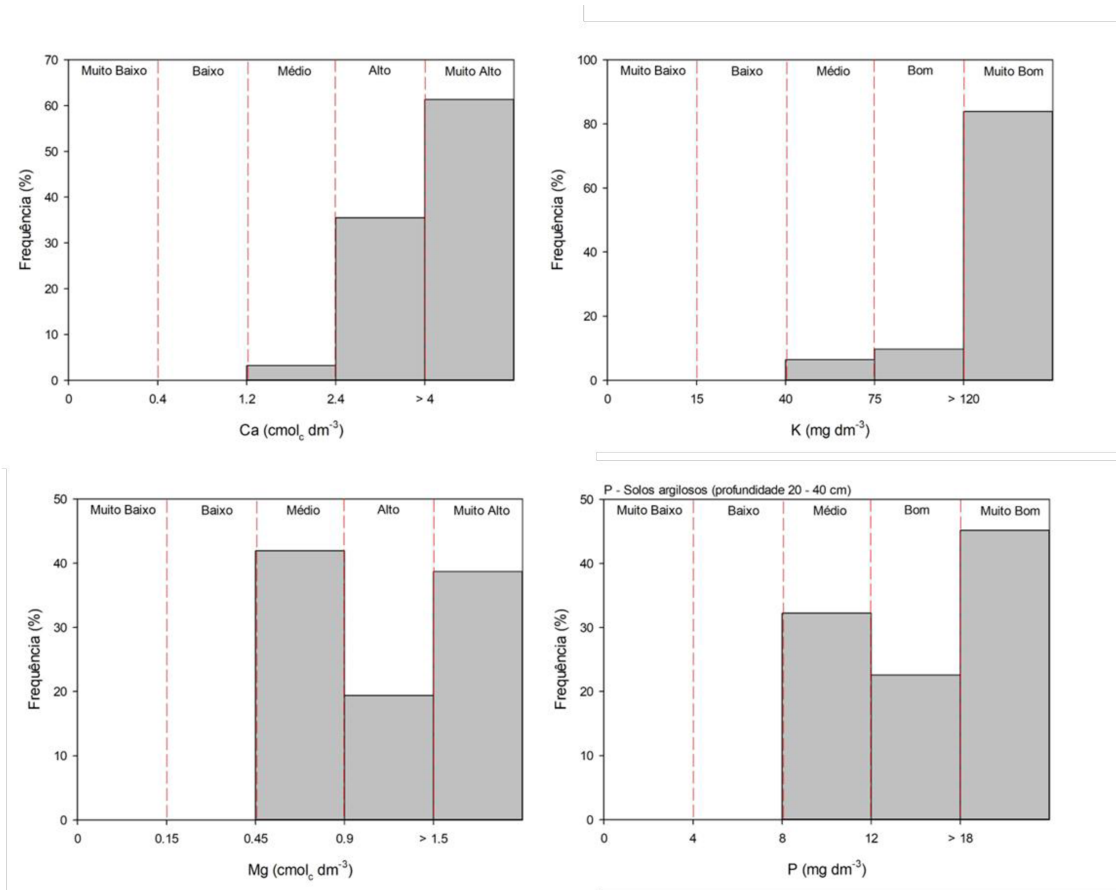


Figura 10. Distribuição de frequência para os teores de Ca, K, Mg e P disponível dos solos em função dos critérios de interpretação (P textura) na profundidade de 20 - 40 cm. Nível crítico considerado: limite superior do intervalo médio (Alvarez *et al.*, 1999).

Ao comparar as camadas, nota-se que o manejo da fertilidade nas áreas destinadas à agricultura urbana resultou em incremento de Ca e K em profundidade (20-40 cm), esse resultado sugere uma movimentação de nutrientes ou, mais provável em contextos urbanos, o revolvimento do solo tem contribuído para o aumento dos teores de macronutrientes na camada subsuperficial.

A falta de orientação técnica leva agricultores domésticos a aplicar indiscriminadamente resíduos como: cinzas, resíduos de construção civil, compostos orgânicos domiciliares e águas residuárias que geralmente contêm poluentes como óleo, tinta, bebidas, e produtos de limpeza. Esses resíduos alteram o pH do solo, elevam os teores dos nutrientes do solo de forma desequilibrada, embora o

aumento dos teores de macronutrientes no solo seja desejável, isto feito de forma empírica pode gerar desequilíbrios nutricionais importantes (Campos, 2010; Chew *et al.*, 2019).

MICRONUTRIENTES

Os teores dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn nas camadas de 0-20 cm (Figura 11) e 20-40 cm (Figura 12) apresentaram elevada variabilidade devido a influência antropogênica, tais como o descarte de águas residuárias, a adição de resíduos orgânicos e cinzas.

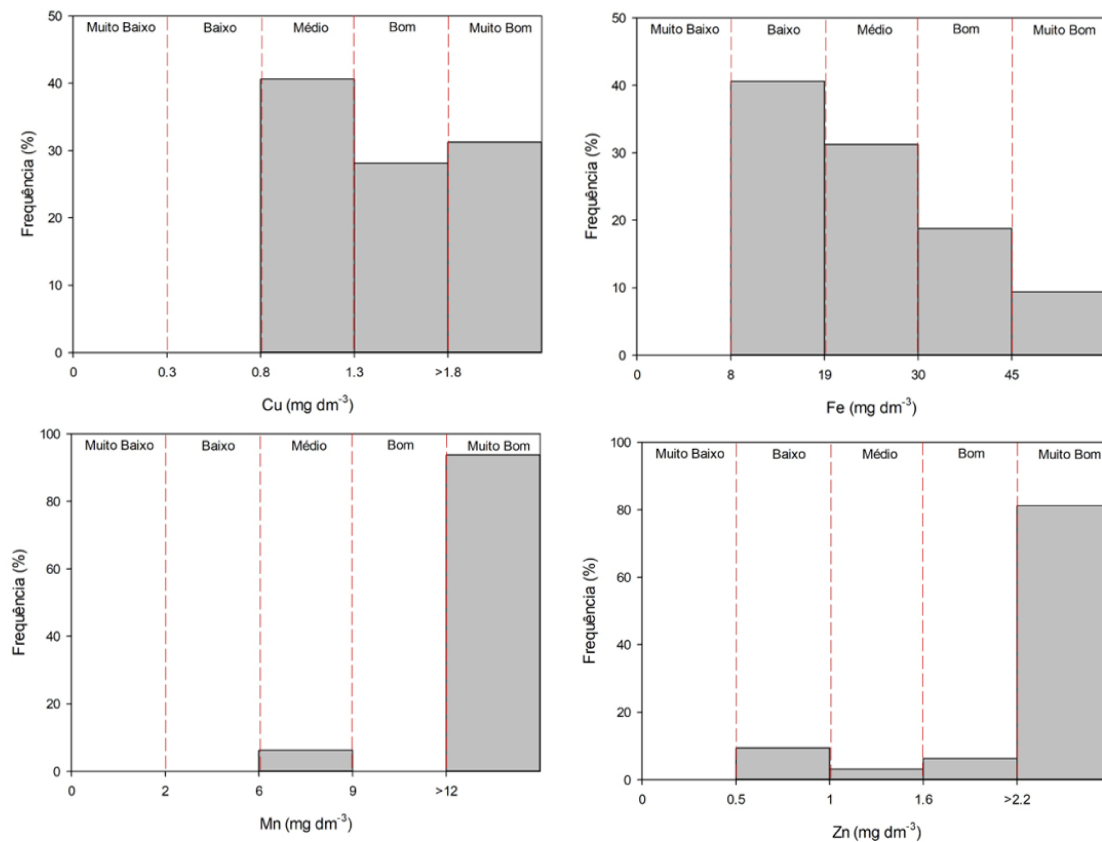


Figura 11. Distribuição de frequência para os teores de Cu, Fe, Mn, e Zn disponível dos solos em função dos critérios de interpretação na profundidade de 0 – 20 cm. Nível crítico considerado: limite superior do intervalo médio (Alvarez *et al.*, 1999).

Na camada de 0-20 cm, aproximadamente 80% das amostras apresentam teores maiores que 2 mg dm^{-3} de Zinco e estão na classe "Muito Bom". Na profundidade de 20-40 cm, embora a classe

"Muito Bom" ainda predomine (~58%), há um aumento significativo na frequência de amostras na classe "Baixo" (~29%). Para Manganês (Mn) os teores são elevados na camada superficial (0 – 20 cm), com mais de 90% das amostras classificadas como "Muito Bom" ($> 12 \text{ mg dm}^{-3}$). Em profundidade, os teores permanecem majoritariamente altos, embora 20% das amostras ficaram abaixo de 9 mg dm^{-3} .

Com relação aos teores de Cobre na camada superficial, 40% das amostras estão abaixo do nível crítico ($> 1,2 \text{ mg dm}^{-3}$). Na camada subsuperficial, há um deslocamento para a classe "Bom" (~42%), sugerindo uma distribuição relativamente homogênea desse nutriente.

O Ferro (Fe) é o micronutriente que apresenta o maior número de amostras com teores abaixo dos níveis adequados. A camada de 0 – 20 cm (Figura 11), 72% das amostras estão abaixo do nível crítico e na camada de 20 – 40 (Figura 12) esse resultado foi encontrado em 48% das amostras.

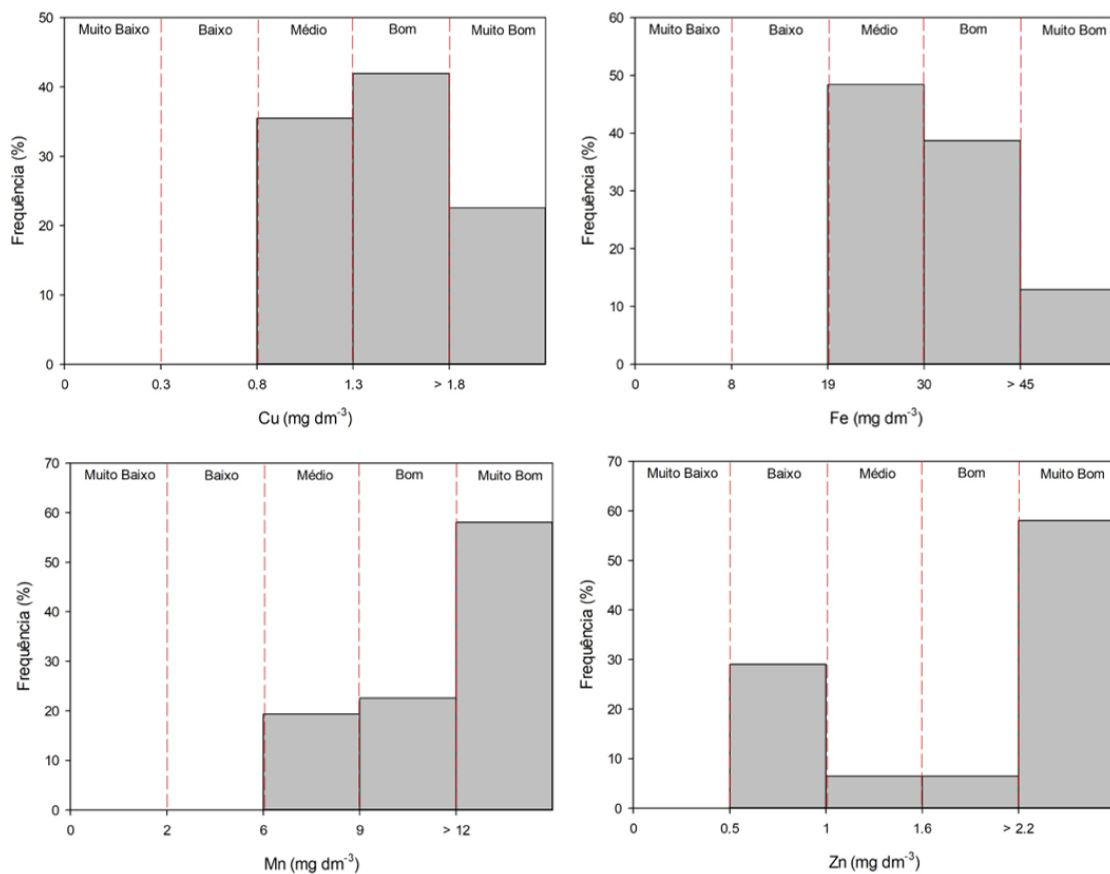


Figura 12. Distribuição de frequência para os teores de Cu, Fe, Mn, e Zn disponível dos solos em função dos critérios de interpretação na profundidade de 20 - 40 cm. Nível crítico considerado: limite superior do intervalo médio (Alvarez *et al.*, 1999).

Em solos agrícolas convencionais, a calagem excessiva (como observado nos dados de pH dos solos desse estudo) deveria reduzir a disponibilidade de Zn, Cu, Mn e Fe via aumento da sorção, a qual envolve a retenção pela fase sólida e a precipitação, principalmente na forma de hidróxido. No entanto, os teores de Mn e Zn permanecem em níveis elevados, o que indica que o aporte externo desses elementos supera o efeito de redução da disponibilidade decorrente do pH elevado (Campos, 2010; Batista *et al.*, 2018).

A dinâmica da disponibilidade de micronutrientes em solos urbanos é diretamente influenciada pelo pH do solo, que nestas áreas apresenta-se frequentemente elevado devido a ações antropogênicas, como: calagens sem rigor técnico, resíduos orgânicos e águas residuárias (Campos, 2010). Em solos tropicais, o pH elevado atua como um regulador químico que reduz a solubilidade e a mobilidade de cátions metálicos essenciais via processos de precipitação e adsorção específica. Isso, por sua vez, tem impacto sobre a disponibilidade dos micronutrientes (Resende, 2004).

O Fe foi o nutriente mais limitante nas áreas estudadas, que apresenta teores abaixo do nível adequado devido à sua baixa solubilidade em condições de alcalinidade excessiva (Raij, 2011). Zinco e Cobre embora o pH alto devesse restringir sua disponibilidade, teores elevados desses elementos são comumente encontrados em solos urbanos devido ao aporte de resíduos. Manganês está presente em altos teores, o excesso desse elemento, em conjunto com o Zinco, pode resultar em fitotoxicidade, comprometendo o processo fotossintético e a absorção de outros nutrientes (Campos, 2010).

A fertilidade observada nos solos urbanos destinados à agricultura nos municípios de Monte Carmelo e Iraí de Minas demonstra que os atributos químicos dos solos, que são naturalmente de baixa fertilidade, foram fortemente alterados pela ação humana (Abreu Junior *et al.*, 2005). Em áreas de agricultura urbana o aporte contínuo de resíduos orgânicos domiciliares, águas residuárias e a própria deposição atmosférica urbana são os principais responsáveis pela composição química atual desses solos (Abreu Junior *et al.*, 2005; Campos, 2010).

O manejo da fertilidade desses solos é, frequentemente, realizado sem orientação técnica, isso por sua vez, resultou em elevados teores de nutrientes e pH do solo nas camadas superficial (0-20 cm)

e subsuperficial (20-40 cm). Nessas áreas a correção da acidez do solo elevando o pH e a ausência de alumínio trocável Al^{3+} representam, inicialmente, um fator importante para a produção de alimentos.

O maior desafio nos solos estudados não é a deficiência, mas o excesso e o desequilíbrio entre os nutrientes, onde a alcalinidade excessiva sugere um manejo muito distante do que é considerado adequando pelas recomendações agronômicas (Ribeiro *et al.*, 1999; Raij, 2011). Outro aspecto que merece ser destacado é a distribuição desses elementos em profundidade 20-40 cm confirma que a incorporação de resíduos e a alteração do solo são profundas, exigindo monitoramento rigoroso e análises toxicológicas complementares para garantir a viabilidade da agricultura urbana nessas áreas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação dos solos urbanos destinados à agricultura nos municípios de Monte Carmelo e Iraí de Minas permitiu verificar que:

Os solos apresentam elevada disponibilidade de macronutrientes, saturação por bases, com ausência de alumínio trocável, entretanto, o pH neutro a alcalino ($>6,5$) indica a prática de supercalagem.

A intensa ação antrópica nas áreas urbanas, manejadas para fins agrícolas, promoveu o aumento dos teores de Ca, Mg, K, P, Cu, Fe, Mn, Zn e de matéria orgânica nas camadas de 0 – 20 e 20 - 40 cm de profundidade.

As práticas de manejo identificadas refletem a ausência de orientação técnica, baseando-se em métodos empíricos para realização de adubação e calagem, O uso indiscriminado calcário e de fontes não convencionais de fertilizantes (águas residuárias, cinzas e resíduos orgânicos) podem ser o principal vetor para a alcalinização excessiva observada.

Os solos agrícolas urbanos que foram avaliados nas cidades de Monte Carmelo e Iraí de Minas possuem um alto potencial produtivo imediato, mas demandam monitoramento e a introdução de assistência técnica para adequar o manejo da fertilidade do solo.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, V. V. H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ, V. V. H. (ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 1999. p. 25-32.
- ABREU JUNIOR, C. H.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J. C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: Propriedades químicas do solo e produção vegetal, **Tópicos em Ciência do Solo**, v, 4, p, 391-470, 2005.
- ALBERT, H. A. et al., Influence of biochar and soil properties on soil and plant tissue concentrations of Cd and Pb: A meta-analysis. **Science of the Total Environment**, v, 755, p, 142582, 2021, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142582>.
- AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. Agricultura orgânica em áreas Urbanas e periurbanas com base na agroecologia. **Ambiente & Sociedade**. Campinas v. X. n. 1. p. 137-150. jan.-jun. 2007.
- BATISTA, M. A.; INOUE, T.T.; ESPER NETO, M.; MUNIZ; A. S. Princípios de fertilidade do solo. adubação e nutrição mineral. In: BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R. **Hortaliças-fruto** [online]. Maringá: EDUEM. 2018. pp. 113-162. ISBN: 978-65-86383-01-0. <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0006>.
- BRASIL. **Decreto nº 11.700. DE 12 DE SETEMBRO DE 2023**. Institui o Programa Nacional de Agricultura Urbana e Periurbana e o Grupo de Trabalho do Programa Nacional de Agricultura Urbana e Periurbana. Brasília. DF: Diário Oficial da União. 2023.
- BRASIL. IBGE. **Censo demográfico 2022**. Dados nacionais. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil, 2023.
- BRETZEL, F. et al. Safety of urban horticulture: Trace metals and organic pollutants in urban garden soils and vegetables in Mediterranean cities. **Science of the Total Environment**. v. 637–638. p. 1231–1241. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.010>.

CAMPOS, C. Atributos dos solos e riscos de lixiviação de metais pesados em solos tropicais. **Ambiência**. v. 6. n. 3. p. 547–565. 2010.

CANEVA, G.; PACINI, A.; MASCOLO, R. Urban gardens as nature-based solutions for resilience and sustainability in cities. **Urban Forestry & Urban Greening**. v. 53. p. 126733. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126733>.

CHEW, K. W.; CHIA, S. R.; YEN, H. W.; NOMANBHAY, S.; HO, Y.C.; SHOW, P. L. Transformação de resíduos de biomassa em fertilizantes orgânicos sustentáveis. **Sustainability**. v. 11. n. 8. 2019. <https://doi.org/10.3390/su11082266>

CURAN, R. M.; MARQUES, P. E. M. Multifuncionalidade da agricultura urbana e periurbana: uma revisão sistemática. **Estudos Avançados**, v. 35, n. 101, 209–224. 2021. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35101.013>

DOMENE, S. M. Á.; SAWAYA, A. L.; MAUAD, T.; FRANCO, M. D. C. P.; ALBUQUERQUE, M. P. D.; WANDERLEY, M. B.; PEREIRA, C. M., KAZZE, M. C.; PELIANO, A. M. M. Alimentação Saudável, Agricultura Urbana e Familiar. **Estudos Avançados**, v. 37, n. 109, p. 207–226, 2023. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2023.37109.013>

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. ampl. Brasília. DF: Embrapa Solos. 2013. 230 p.

GUPTA, N. et al. Evaluating heavy metals contamination in soil and vegetables in the region of North India: Levels, transfer and potential human health risk analysis. **Environmental Toxicology and Pharmacology**. v. 82. p. 103563. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2020.103563>.

HOAGHIA, M.-A. et al. Heavy metals and health risk assessment in vegetables grown in the vicinity of a former non-metallic facility located in Romania. **Environmental Science and Pollution Research**. v. 29. p. 40079–40093. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18879-8>.

KACHINSKI, E. D.; VIDIGAL, J. C. B.; ÁVILA, F. W. Zinco no solo, na planta e a saúde humana: uma revisão. Research, **Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. e827973544, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i7.3544. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/3544>. Acesso em: 23 mar. 2026.

LIMA, T. M.; COSTA, M. V. D.; LANA, R. M. Q.; NASCIMENTO, A. G. G.; DIAS, D. C. P.; RIBEIRO, B. T. Diagnose of soil fertility properties of a representative agricultural mesoregion in the Cerrado biome as affected by land use. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 96. n. 4. p. e20240116. 2024.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. A career perspective on soil management in the Cerrado Region of Brazil. In: SPARKS, D. (ed.). **Advances in Agronomy** 137. Cambridge: Academic Press. p. 1-72. 2016.

RAIJ. B.V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. 2011. 420 p.

RESENDE. A. V. **Adubação da soja em áreas de cerrado: micronutrientes**. Planaltina. DF: Embrapa Cerrados. 2004. 29 p.

RIBEIRO. A. C.; GUIMARÃES. P. T. G; ALVAREZ. V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG). 1999. 359 p.

RUAN. X. et al. Migration characteristics and health risk assessment of heavy metals in soil-vegetable system in a typical wastewater irrigation area. **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 143. p. 107564. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.107564>.

SANTOS, M. A.; BONACI, W. D. B. S.; FOGANHOLO, L. S. Horta comunitária e Psicologia Social: um relato de experiência. **Fractal: Revista de Psicologia**, v. 34, e29430, 2022. <https://doi.org/10.22409/1984-0292/2022/v34/29430>

SUZUKI, L.E.A.S.; CASALINHO, H.D.; MILANI, I.C.B. Strategies and Public Policies for Soil and Water Conservation and Food Production in Brazil. **Soil Syst**. V. 8, n. 45, 2024. <https://doi.org/10.3390/soilsystems8020045>

TAPIA. C.; BUIZER. M.; BREMAN. B. C. Urban agriculture and social sustainability in cities: The potential of urban food gardens. **Urban Agriculture & Regional Food Systems**. v. 6. n. 1. e20023. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/uar2.20023>.

TEIXEIRA. P. C.; DONAGEMMA. G. K.; FONTANA. A.; TEIXEIRA. W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília. DF: Embrapa. 2017. 574 p.
TOMATIS. F.; EGERER. M.; CORREA-GUIMARAES. A.; NAVAS-GRACIA. L.M. Urban gardening in a changing climate: a review of effects. Responses and adaptation capacities for cities. **Agriculture** 2023. 13. 502. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020502>.

WHITE, P.J.; BROADLEY, M.R. Biofortifying crops with essential mineral elements. **Trends Plant Sci**. v. 10, 586–593. 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Nature, Biodiversity and Health: An Overview of Interconnections. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. 2021. Disponível em: <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289055581> acesso em: 23 mar. 2026.

