

Caracterização da fertilidade dos solos cultivados com banana do subgrupo Prata na microrregião Litoral Sul do Espírito Santo



Programa de Pós-Graduação em Agroecologia
Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre

BOLETIM TÉCNICO Nº 16

Caracterização da fertilidade dos solos cultivados com banana
do subgrupo Prata na microrregião Litoral Sul do Espírito Santo

Abel Lopes Costa
Otacílio José Passos Rangel
André Oliveira Souza
Alcino Lamão Lazzarini
Paulo Cesar Domingues

Reitor: Adriana Pionttkovsky Barcellos

Pró-Reitor de Administração e Orçamento: Leandro Bitti Santa Anna

Pró-Reitor de Desenvolvimento Institucional: Eglon Rhuan Salazar Guimaraes

Pró-Reitora de Ensino: Sanandreia Torezani Perinni

Pró-Reitor de Extensão: Anderson Rozeno Bozzetti Batista

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação: Maíra Maciel Mattos de Oliveira

Coordenador da Edifex: Adonai José Lacruz

Revisão de texto	Projeto gráfico	Diagramação	Capa	Imagem de capa
Edileuza Aparecida Vital Galeano; Jéferson Luiz Ferrari	PPGA	PPGA	Abel Lopes Costa	Abel Lopes Costa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecária: Natália Gomes de Souza Mendes - CRB6/ES nº 993

C838m Costa, Abel Lopes.

Caracterização da fertilidade dos solos cultivados com banana do subgrupo Prata na microrregião Litoral Sul do Espírito Santo [recurso eletrônico] / Abel Lopes Costa... [et al.] – Alegre: Instituto Federal do Espírito Santo, 2025.

23 p. : il. ; 30 cm.

Vários autores

ISBN: 978-65-5331-142-8

Formato: E-book PDF (livro digital)

Veiculação: digital

1. Fertilidade do solo. 2. Química do solo. 3. Banana. I. Programa de Pós-graduação em Agroecologia. II. Título.

CDD 23: 631.422

DOI: 10.36524/9786553311428

Esta obra está licenciada com uma Licença Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Brasil.



Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	8
Resultados e Discussão	10
Conclusões	19
Agradecimentos	20
Referências	21

Caracterização da fertilidade dos solos cultivados com banana do subgrupo Prata na microrregião Litoral Sul do Espírito Santo

Abel Lopes Costa¹
Otacílio José Passos Rangel²
André Oliveira Souza²
Alcino Lamão Lazzarini³
Paulo Cesar Domingues⁴

Resumo - O presente estudo teve como objetivo caracterizar a fertilidade dos solos cultivados com banana do subgrupo Prata na microrregião Litoral Sul do Espírito Santo (MLS-ES). O recorte analítico compreende os municípios de Alfredo Chaves, Anchieta, Iconha e Rio Novo do Sul. Foram realizadas coletas de amostras de solo para análise química em 66 talhões cultivados com banana do subgrupo Prata em plena produção. Foram avaliados os atributos químicos relacionados com a acidez, teores de macro e micronutrientes, matéria orgânica e indicadores como CTC e saturações por bases e alumínio. Os dados foram interpretados segundo os critérios de referência para o estado do Espírito Santo. Gráficos *boxplot* foram utilizados para comparar os resultados entre os municípios. Os solos apresentaram ampla variabilidade de fertilidade, com destaque para a acidez elevada, baixa saturação por bases e deficiência generalizada de boro e magnésio. Os solos dos bananais do município de Anchieta demonstraram melhores condições químicas. Os resultados indicam que a baixa produtividade da banana está relacionada ao desequilíbrio nutricional dos solos. O estudo contribui com dados inéditos sobre a fertilidade dos solos cultivados com banana do subgrupo Prata da MLS-ES e fornece subsídios técnicos para o manejo nutricional e a formulação de estratégias de extensão voltadas à bananicultura regional.

Termos para indexação: diagnóstico; atributos químicos do solo; *Musa* spp.

¹ MSc. pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. E-mail: abellcosta@hotmail.com

² DSc. Professores do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP:29500-000, Alegre-ES. E-mail: otaciliorangel@gmail.com; andre.souza@ifes.edu.br

³ MSc. pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. E-mail: lazzarinial@incaper.es.gov.br

⁴ Extensionista do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER –CEP:29240-000, Alfredo Chaves-ES. E-mail: paulo.domingues@incaper.es.gov.br

Characterization of soil fertility in Prata Subgroup Banana Plantations in the Southern Coastal microregion of Espírito Santo

Abstract – This study aimed to characterize the fertility of soils cultivated with Prata subgroup bananas in the Southern Coastal Microregion of Espírito Santo (MLS-ES), Brazil. The analytical scope covered the municipalities of Alfredo Chaves, Anchieta, Iconha, and Rio Novo do Sul. Soil samples were collected from 66 plots under full-production Prata subgroup banana plantations. The chemical attributes related to soil acidity, macro- and micronutrient contents, organic matter, and indicators such as cation exchange capacity (CEC), base saturation, and aluminum saturation were evaluated. Data interpretation followed the reference criteria established for the state of Espírito Santo. Boxplot charts were used to compare results among municipalities. The soils exhibited wide variability in their chemical attributes, with notable features including high acidity, low base saturation, and generalized deficiencies of boron and magnesium. Soils from banana plantations in the municipality of Anchieta showed better chemical conditions. The results indicate that the low productivity of bananas in the region is associated with soil nutritional imbalance. This study provides unprecedented data on the fertility of banana-growing soils in the MLS-ES and offers technical support for nutrient management and the development of extension strategies for the regional banana production systems.

Index terms: diagnosis; fertility; chemical attributes of the soil; *Musa* spp.

Introdução

A cadeia produtiva da banana desempenha papel fundamental no desenvolvimento econômico e social da microrregião Litoral Sul do Espírito Santo (MLS-ES). Segundo dados do Painel da Produção Agropecuária do Espírito Santo (INCAPER, 2025), a bananicultura é a principal atividade agrícola em valor de produção agropecuária - VBPA na MLS-ES (R\$ 154,08 milhões em 2023, representando 21,7% do total regional), ocupando a segunda área colhida (9.386 ha). Apesar dessa expressiva representatividade, a região apresenta produtividade média das bananas do subgrupo Prata de 9,04 t/ha, patamar considerado baixo frente ao potencial produtivo de cultivares como a BRS Platina e a Prata-Anã, acima de 40 t/ha/ano (Rodrigues Filho; Neves; Donato, 2021; Santos *et al.*, 2022). Diante desse cenário, torna-se necessário investigar os fatores que determinam a produtividade, especialmente aqueles ligados à fertilidade do solo.

A produtividade da cultura da banana na MLS-ES, sobretudo das cultivares do subgrupo Prata, mais cultivada na região, é influenciada por diversos fatores. Historicamente, o declínio da atividade teve início no final da década de 1980, em função da suscetibilidade das cultivares introduzidas à doenças, da baixa produtividade, da menor qualidade dos frutos e da frágil estrutura de comercialização (Galeano *et al.*, 2022). Associam-se a estas limitações os desafios técnicos no manejo da fertilidade do solo em áreas com relevo acidentado, comum nos bananais desta região. Nessas condições, a suscetibilidade à erosão exige a adoção de medidas rigorosas de manejo conservacionista, o que eleva os custos de produção e compromete a viabilidade econômica da atividade (Silva; Sousa, Accioly, 2010).

Guimarães e Deus (2021) identificaram que os fatores nutricionais representam os principais limitantes da produtividade da banana em Santa Catarina. No Espírito Santo, as práticas de adubação ainda se baseiam em recomendações técnicas desatualizadas, como as do Manual de Calagem e Adubação do Estado do Espírito Santo (Prezotti *et al.*, 2007), que não contemplam os avanços recentes em manejo nutricional, nem as exigências das cultivares desenvolvidas pela pesquisa.

Nesse contexto, a ausência de um diagnóstico regional detalhado da fertilidade dos solos cultivados com banana compromete a adoção de práticas mais sustentáveis. Assim, o presente estudo tem como objetivo diagnosticar a fertilidade dos solos cultivados com banana do subgrupo Prata na microrregião Litoral Sul do Espírito Santo (MLS-ES), com foco nos municípios de Alfredo Chaves, Anchieta, Iconha e Rio Novo do Sul. Espera-se, com isso, fornecer subsídios técnicos que possam orientar práticas de manejo mais adequadas e a adoção de estratégias de extensão voltadas ao fortalecimento da bananicultura regional.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido na microrregião Litoral Sul do Espírito Santo (MLS-ES), contemplando os municípios de Alfredo Chaves, Anchieta, Iconha e Rio Novo do Sul, selecionados por sua expressiva representatividade no cultivo de banana do subgrupo Prata.

A amostragem, nos quatro municípios, incluiu 66 talhões em fase de plena produção, conduzidos predominantemente em sistema de monocultivo. A seleção das áreas teve como critério a representatividade produtiva da banana do subgrupo Prata nos quatro municípios amostrados (Tabela 1).

Tabela 1 – Distribuição dos estabelecimentos, área total cultivada com banana do subgrupo Prata e número de amostras por município da MLS-ES

Município	Nº de estabelecimentos	Estabelecimentos (%)	Área total (ha)	Área (%)	Nº de amostras
Alfredo Chaves	1.054	44,21	5.964	51,38	28
Anchieta	251	10,53	591	5,09	10
Iconha	726	30,45	3.412	29,39	17
Rio Novo do Sul	312	13,09	1.544	13,30	11
Total	2.343	98,28	11.511	99,16	66

Fonte: IBGE (2017).

As coletas de solo foram realizadas entre maio e outubro de 2024, com base em um procedimento padronizado. Para cada talhão foi coletada uma amostra composta, formada por 10 amostras simples obtidas em caminhamento aleatório em zigue-zague, na camada de 0 a 0,20 m de profundidade, posicionadas na projeção da copa, ao lado da planta mais jovem (neta), a cerca de 0,30 m do pseudocaule. Utilizou-se um trado tipo holandês, com caçamba de 0,20 m de comprimento e 3 polegadas de diâmetro.

As amostras foram encaminhadas a um laboratório certificado, onde as análises químicas foram realizadas seguindo os métodos descritos por Raji *et al.* (2001) e Teixeira *et al.* (2017). Foram determinados os seguintes atributos químicos: pH (em água, 1:2,5), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^{+}), sódio (Na^{+}), alumínio (Al^{3+}), fósforo (P disponível), ferro (Fe^{2+}), zinco (Zn^{2+}), cobre (Cu^{2+}), manganês (Mn^{2+}), enxofre (S-SO_4^{-}), boro (B), acidez potencial (H+Al) e matéria orgânica (MO). Com base nos resultados laboratoriais, foram calculados os

seguintes indicadores: soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t) e a pH 7,0 (T), saturações por bases (V) e por alumínio (m).

Para subsidiar a análise comparativa entre os municípios, elaborou-se gráficos *boxplot* para os seguintes atributos químicos: acidez ativa do solo (pH), acidez trocável, acidez potencial, CTC a pH 7,0, saturação por bases, matéria orgânica, macronutrientes (P disponível, K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) e micronutrientes (B, Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} e Mn^{2+}).

Foram priorizados os atributos com maior variabilidade entre os talhões ou com frequência significativa de teores abaixo dos valores de referência ou níveis críticos. Essa seleção permitiu destacar padrões de distribuição, identificar áreas com limitações nutricionais e facilitar a interpretação visual dos dados.

Cada *boxplot* ilustra os valores mínimos e máximos, a mediana (medida de tendência central), o primeiro e o terceiro quartis (medidas de variabilidade), além de destacar valores discrepantes (*outliers*), facilitando a identificação de padrões e diferenças entre os grupos analisados (Figura 1).

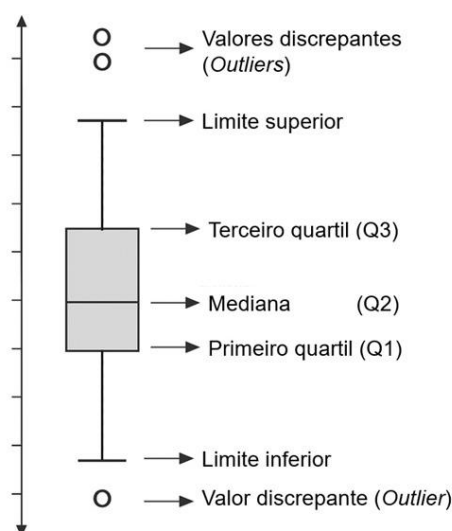


Figura 1. Representação gráfica de um *boxplot* utilizado na estatística descritiva

Fonte: Elaborado pelos autores.

Resultados e Discussão

Na tabela 2 são apresentados os resultados da estatística descritiva dos atributos químicos dos solos avaliados na camada de 0 a 0,20 m dos 66 talhões cultivados com banana do subgrupo Prata, amostrados na MLS-ES. Os valores de referência seguiram as classes de interpretação oficiais para o Espírito Santo, propostos por Prezotti *et al.* (2007).

Tabela 2. Estatística descritiva dos atributos químicos do solo dos talhões de cultivo de banana do subgrupo Prata nos municípios de Alfredo Chaves, Anchieta, Iconha e Rio Novo do Sul, pertencente a MLS-ES

Atributo	Unidade	Média	Mediana	Desvio padrão	Mín.	Máx.	Valores de referência ¹
pH (H ₂ O)	-	5,4	5,4	0,5	4,3	6,6	6,0 - 6,5
Al ³⁺	cmol _c /dm ³	0,3	0,3	0,4	0,0	1,9	-
H+Al	cmol _c /dm ³	4,2	3,8	1,6	1,8	8,8	-
SB	cmol _c /dm ³	4,8	4,9	1,9	1,2	8,6	2,0 - 5,0
CTC (T)	cmol _c /dm ³	9,1	8,7	1,5	6,3	12,0	4,5 - 10,0
CTC (t)	cmol _c /dm ³	5,2	5,2	1,6	2,3	8,6	2,5 - 6,0
V	%	52,7	55,8	17,0	16,7	78,7	50,0 - 70,0
MO	dag/kg	3,0	3,0	0,6	1,6	4,3	1,5 - 3,0
P	mg/dm ³	20,8	13,0	22,5	2,0	126,0	10,0 - 20,0
K ⁺	mg/dm ³	179,9	150,0	111,5	53,0	540,0	60,0 - 150,0
S	mg/dm ³	8,5	7,0	4,5	3,0	22,0	5,0 - 10,0
Ca ²⁺	mg/dm ³	3,5	3,6	1,4	0,6	6,5	1,5 - 4,0
Mg ²⁺	mg/dm ³	0,8	0,8	0,5	0,2	2,6	0,5 - 1,0
B	mg/dm ³	0,2	0,2	0,08	0,08	0,4	5,0 - 10,0
Zn	mg/dm ³	4,1	3,4	2,3	1,2	11,4	1,0 - 2,2
Cu	mg/dm ³	1,0	0,8	0,9	0,1	3,9	0,8 - 1,8
Fe	mg/dm ³	123,5	110,0	63,1	21,0	343,0	20,0 - 45,0
Mn	mg/dm ³	82,8	70,0	66,5	6,7	227,0	5,0 - 12,0

Fonte: ¹Adaptado de Prezotti *et al.* (2007).

A acidez ativa do solo é avaliada por meio da determinação do seu pH (Souza; Miranda; Oliveira, 2007). Nesse sentido, adotou-se para o diagnóstico da acidez ativa das áreas estudadas o valor de referência para pH igual à 5,9, conforme indicado pela linha tracejada vermelha no *boxplot* (Figura 2).

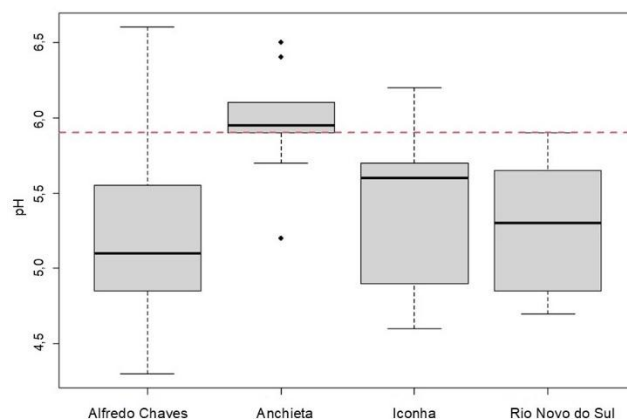


Figura 2. Boxplot dos valores de pH dos talhões de banana do subgrupo Prata nos quatro municípios estudados dentro da MLS-ES

Nota: Linha tracejada = valor de referência (pH 5,9), conforme Prezotti *et al.* (2007); Pontos abaixo e acima dos limites (Anchieta) = valores discrepantes (*outliers*).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se que as áreas cultivadas com banana do subgrupo Prata em Anchieta apresentam valores medianos de pH ligeiramente acima de 5,9, com presença de *outliers*, indicando condições mais adequadas ao cultivo da banana, com base nesse parâmetro. A presença de *outliers* nesse município indica, entretanto, a existência de pontos amostrais com valores extremos, que podem refletir diferenças no manejo da calagem, variações texturais do solo ou heterogeneidade no uso de corretivos. Na prática, esses pontos destoantes sugerem áreas localizadas dentro da amostra com pH mais elevado ou reduzido, o que pode comprometer a disponibilidade equilibrada de nutrientes e demandar ajustes pontuais no manejo da acidez. Rio Novo do Sul e Iconha têm áreas com medianas próximas, mas ainda abaixo do pH 5,9, sugerindo solos mais ácidos. Alfredo Chaves apresenta a menor mediana dentre os municípios, com maior amplitude e valores mínimos de pH abaixo de 4,5, o que indica forte acidez em parte das áreas amostradas, o que limita a disponibilidade de nutrientes nessas condições. Tais resultados evidenciam a predominância de acidez ativa elevada dos solos da MLS-ES.

Todas as amostras de solo coletadas, nos quatro municípios, apresentaram valores medianos bem abaixo do valor considerado alto ($1,0 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$) para acidez trocável (Al^{3+}) (Figura 3 A). No entanto, Prezotti (2013) afirma que em razão da toxicidade do Al^{3+} , para o melhor o desenvolvimento da banana os teores em solo devem estar abaixo de $0,3 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$.

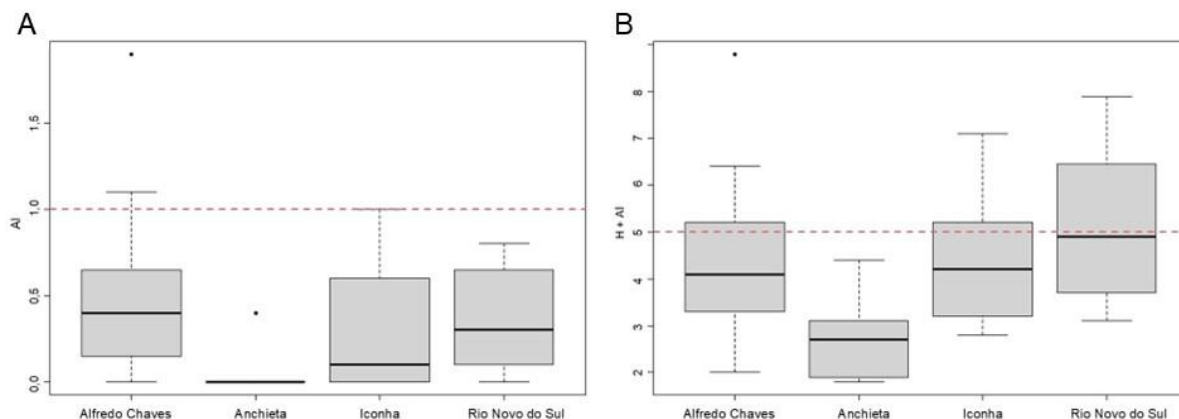


Figura 3. Boxplot dos valores de acidez trocável (A) e acidez potencial (B) (cmol_c/dm³) dos talhões de banana do subgrupo Prata, nos quatro municípios estudados dentro da MLS-ES

Nota: Linha tracejada = valores de referência ($Al^{3+} = 1,0$ cmol_c/dm³); ($H + Al = 5,0$ cmol_c/dm³), conforme Prezotti *et al.* (2007); Pontos (fig. A Alfredo Chaves, Anchieta; fig. B Anchieta) = valores discrepantes (*outliers*).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os solos das propriedades amostradas em Anchieta destacaram-se pelos baixos ou nulos valores de Al^{3+} , o que corrobora com os valores de pH observados anteriormente indicando, possivelmente, solos bem corrigidos por meio da calagem. Os solos dos talhões de Alfredo Chaves apresentaram maior variabilidade dos teores de Al^{3+} , com valor de mediana próximo de 0,5 cmol_c/dm³, indicando maior necessidade de correção de acidez desses bananais.

Quanto à acidez potencial (Figura 3 B), Rio Novo do Sul apresentou os maiores valores, com mediana ligeiramente abaixo de 5,0 cmol_c/dm³ e ampla variação, o que implica maior demanda por correção da acidez em determinadas áreas. Os solos cultivados com banana do subgrupo Prata em Anchieta apresentaram menor acidez potencial entre os municípios estudados, com baixa dispersão dos resultados, reforçando o bom equilíbrio químico do solo já indicado nos parâmetros anteriores.

A capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T) e a saturação por bases (V) são importantes indicadores de fertilidade do solo. Os valores de referência, considerados adequados para cultura da bananeira, adotados nos gráficos *boxplot* (Figuras 4 A e B), são de 10,0 cmol_c/dm³, para CTC, e 70,0%, para V (Prezotti *et al.*, 2007).

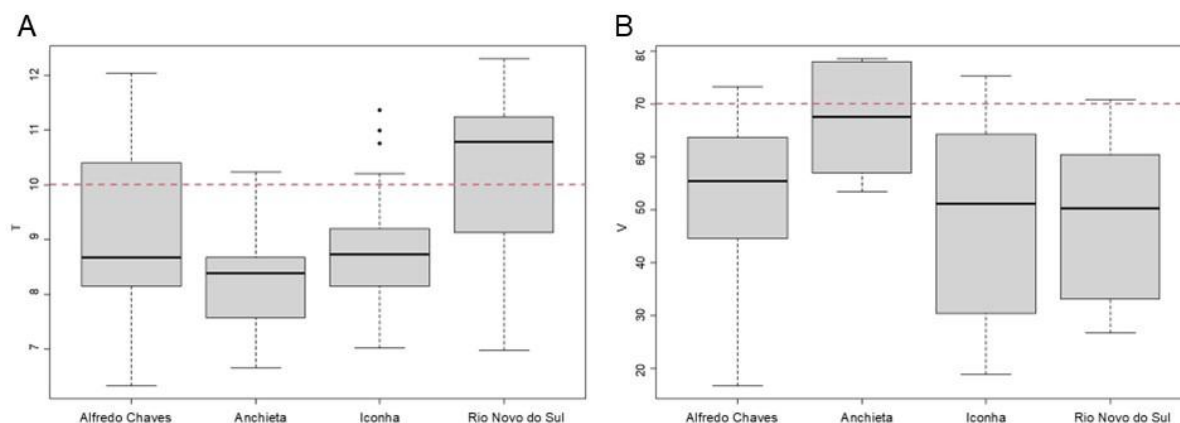


Figura 4. Boxplot dos valores de CTC a pH 7,0 - T (cmol_d/dm³) (A) e saturação por bases - V (%) (B) dos talhões de cultivo da banana do subgrupo Prata, nos quatro municípios estudados dentro da MLS-ES

Nota: Linha tracejada = valores de referência (T = 10,0 cmol_d/dm³); (V = 70,0%), conforme Prezotti *et al.* (2007); Pontos (fig. A Iconha) = valores discrepantes (*outliers*).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os solos das propriedades amostradas no município de Rio Novo do Sul apresentam a maior mediana de T, com valores consistentes e baixa incidência de valores extremamente baixos. Os solos amostrados em Alfredo Chaves mostram ampla variabilidade e uma mediana de T inferior a 10,0 cmol_d/dm³, o que sugere situações contrastantes dentro do município, provavelmente devido a maior dispersão espacial entre as áreas amostradas. Iconha apresentou alguns *outliers* indicando, possivelmente, estratégias distintas de manejo dos solos desses talhões, podendo estar associado, também, a maior adoção de adubação orgânica neste município.

No que se refere à V, os solos amostrados em Anchieta apresentam maior mediana, próximo de 70,0%, com baixa dispersão dos dados, indicando condições ideais de V na maioria das áreas. Os demais municípios possuem solos com maior variabilidade, com medianas próximas de 50,0%.

A matéria orgânica do solo (MO) é um atributo que apresenta alta sensibilidade ao manejo do solo e dos cultivos agrícolas (Silva *et al.*, 2022). Em solos tropicais, a MO é a principal responsável pela geração de cargas negativas do solo (Prezotti, 2013). A manutenção da MO tem influência direta e positiva na atividade biológica do solo e, consequentemente, na ciclagem dos nutrientes (Guimarães; Deus, 2023). Quanto ao diagnóstico dos teores de MO nas áreas de estudo (Figura 5), a linha de referência adotada foi 3,0 dag/kg, conforme classes de interpretação definidas por Prezotti *et al.* (2007).

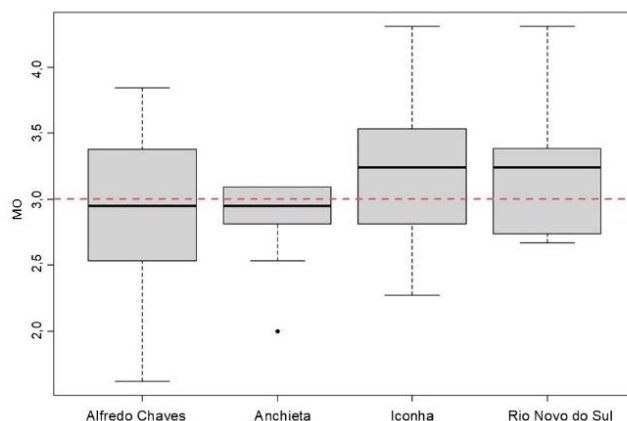


Figura 5. Boxplot dos teores de matéria orgânica - MO (dag/kg) dos talhões de banana do subgrupo Prata, nos quatro municípios estudados dentro da MLS-ES

Nota: Linha tracejada = valor de referência (MO = 3,0 dag/kg) conforme Prezotti *et al.* (2007); Pontos (Anchieta) = valores discrepantes (*outliers*).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os solos coletados nas propriedades com cultivo de banana do subgrupo Prata nos municípios de Iconha e Rio Novo do Sul destacam-se positivamente, com medianas acima da referência, apresentando ampla variabilidade entre os talhões. Esses resultados são indicadores de um bom aporte de resíduos vegetais, comum em bananais com maior tempo de implantação. Alfredo Chaves apresenta grande amplitude de variação nos teores de MO do solo, o que sugere a presença de áreas com níveis satisfatórios e outras com déficit de matéria orgânica, provavelmente pela maior distribuição espacial das amostras. Anchieta apresenta baixa dispersão, com mediana ligeiramente abaixo de 3,0 dag/kg, o que pode ser característico dos solos predominantes nas comunidades rurais onde se concentram as amostragens, à sudoeste e à noroeste do município.

A distribuição dos teores de fósforo (P) e potássio (K⁺) nos solos dos municípios analisados revela variações consideráveis e que podem estar relacionadas às diferenças de manejo de adubação da banana do subgrupo Prata na MLS-ES. Os níveis críticos de P e K⁺ nos gráficos *boxplot* (Figuras 6 A e B) foram de 20,0 e 150,0 mg/dm³, respectivamente, conforme Prezotti *et al.* (2007).

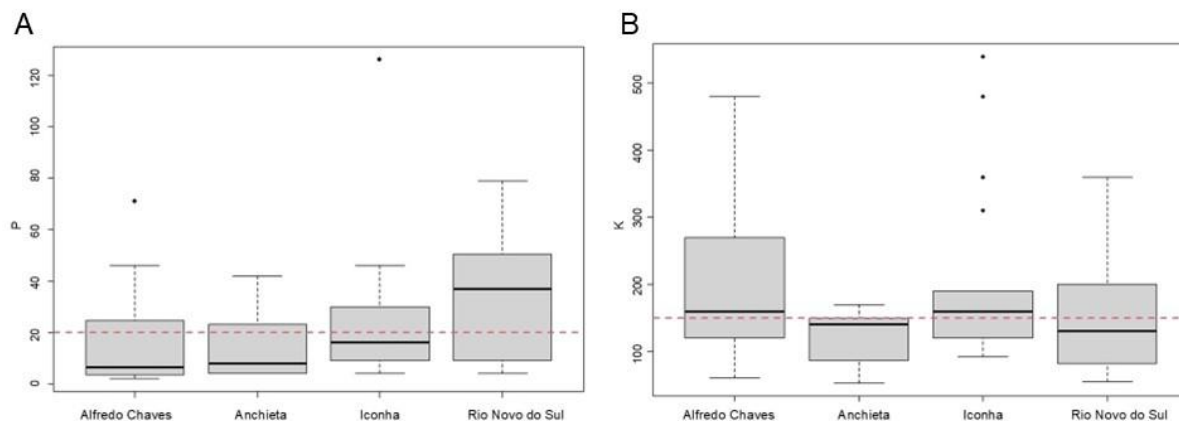


Figura 6. *Boxplot* dos teores de P (A) e K⁺ (B) (mg/dm³) dos talhões de banana do subgrupo Prata, nos quatro municípios estudados dentro da MLS-ES

Nota: Linha tracejada = valor de referência (P = 20,0 mg/dm³); (K = 150,0 mg/dm³), conforme Prezotti *et al.* (2007); Pontos (fig. A Alfredo Chaves, Iconha; fig. B Iconha) = valores discrepantes (*outliers*).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os solos dos municípios de Rio Novo do Sul apresentaram os maiores valores medianos de P (Figura 6 A), com a maior parte das amostras acima do nível crítico. A amplitude dos dados é elevada, indicando variabilidade entre os pontos amostrados. Alfredo Chaves, Anchieta e Iconha mostraram medianas ligeiramente abaixo do valor de referência adotado.

A presença de valores *outliers* em Alfredo Chaves e Iconha indica a ocorrência de áreas com teores de P acima do normal, possivelmente devido a aplicações de fertilizantes fosfatados. Esses resultados sugerem que embora os solos apresentem teores de P próximos do adequado, há necessidade de atenção para algumas áreas, onde os baixos teores de P podem comprometer o desenvolvimento da banana.

Os teores de K⁺ (Figura 6 B) apresentaram comportamento diferenciado entre os municípios. Alfredo Chaves destacou-se com a maior variação nos dados, sugerindo a ocorrência de solos com diferentes níveis de fertilidade ou histórico de manejo variável, ligados especialmente a deposição de resíduos ricos nesse nutriente. A cultura da banana desenvolve-se melhor em solos com altos teores de K⁺ e elevada capacidade de reposição pelos minerais (Prezotti, 2013). Iconha também apresentou teores relativamente elevados de K⁺, com vários *outliers* acima da mediana, também indicando maiores aplicações de fertilizantes potássicos ou adubos orgânicos mais ricos neste nutriente. Os resultados sugerem a necessidade de ajustes na recomendação de adubação potássica, independentemente de sua origem (mineral ou orgânica).

Os teores de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) no solo são essenciais para a nutrição vegetal e estão diretamente ligados à acidez e à fertilidade do solo (Prezotti, 2013). Os gráficos *boxplot* (Figuras 7 A e B) ilustram a variabilidade da distribuição desses nutrientes entre os municípios estudados e os níveis críticos atribuídos aos mesmos ($4,0$ e $1,0 \text{ cmol}_d/\text{dm}^3$, respectivamente, para Ca^{2+} e Mg^{2+}), conforme Prezotti *et al.* (2007).

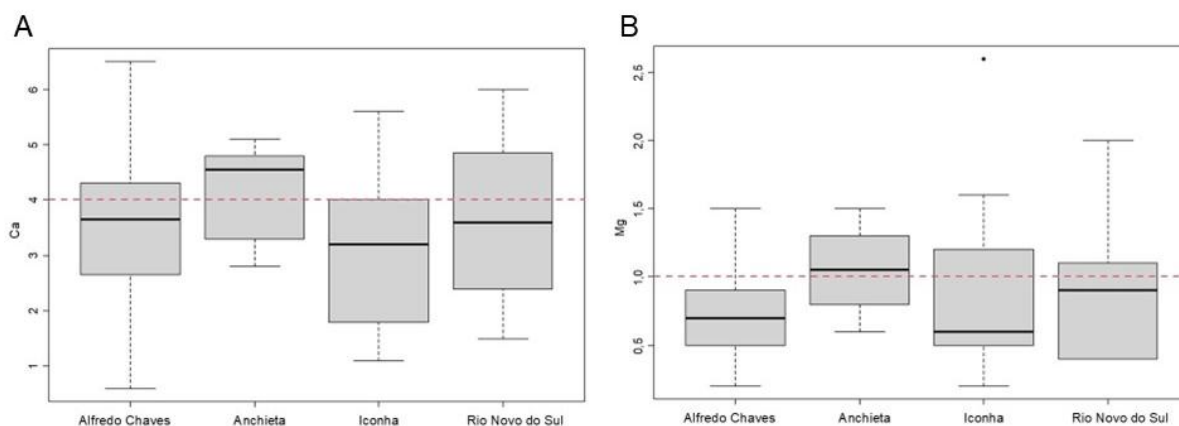


Figura 7. *Boxplot* dos teores de Ca^{2+} (A) e Mg^{2+} (B) ($\text{cmol}_d/\text{dm}^3$) dos talhões de banana do subgrupo Prata, nos quatro municípios estudados dentro da MLS-ES

Nota: Linha tracejada = valor de referência ($\text{Ca} = 4,0 \text{ cmol}_d/\text{dm}^3$), ($\text{Mg} = 1,0 \text{ cmol}_d/\text{dm}^3$) conforme Prezotti *et al.* (2007); Pontos (fig. B Iconha) = valores discrepantes (*outliers*).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se que a maioria das áreas avaliadas apresenta teores variáveis de Ca^{2+} (Figura 7 A). Anchieta destaca-se por apresentar a menor variabilidade entre os municípios, com mediana acima do nível crítico. Em contraste, Iconha apresenta maior dispersão dos dados e mediana inferior ao nível crítico, o que sugere necessidade de correções em determinadas áreas.

Os teores de Mg^{2+} (Figura 7 B) apresentam variações significativas entre os municípios. Anchieta, novamente, se sobressai com os maiores teores medianos de Mg^{2+} acima do nível crítico, indicando adequada disponibilidade do nutriente. As amostras de solo coletadas nos municípios de Iconha e Alfredo Chaves apresentaram teores de Mg^{2+} abaixo do nível crítico, com grande variabilidade, apontando uma situação de atenção quanto à aplicação de corretivos ricos em magnésio, como o calcário dolomítico.

O entendimento dos processos relacionados à dinâmica dos micronutrientes no solo, aliado ao uso adequado das técnicas de diagnose e ao manejo eficiente da adubação, é essencial para garantir a eficácia do uso desses insumos na agricultura (Abreu; Lopes; Santos, 2007). Neste sentido, a caracterização da fertilidade dos solos cultivados com banana do subgrupo

Prata na MLS-ES considerou os seguintes micronutrientes e seus respectivos níveis críticos de disponibilidade no solo: boro (B) 0,9 mg/dm³, zinco (Zn²⁺) 2,2 mg/dm³, cobre (Cu²⁺) 1,8 mg/dm³, ferro (Fe²⁺) 45,0 mg/dm³ e manganês (Mn²⁺) 12,0 mg/dm³, com base nos parâmetros de interpretação recomendados por Prezotti *et al.* (2007).

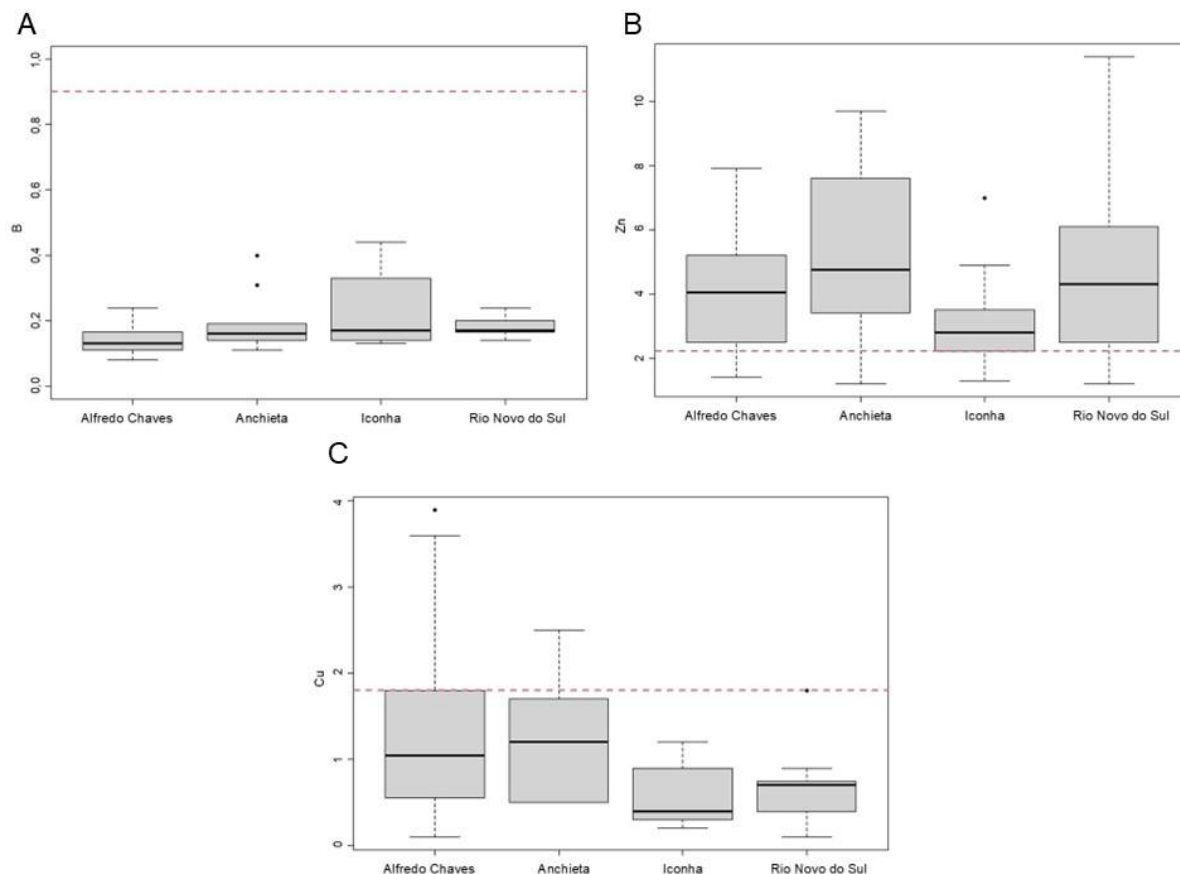


Figura 8. Boxplot dos teores de B (A), Zn (B) e Cu (C) (mg/dm³) dos talhões de banana do subgrupo Prata, nos quatro municípios estudados dentro da MLS-ES

Nota: Linha tracejada = valor de referência (B = 0,9 mg/dm³), (Zn = 2,2 mg/dm³), (Cu = 1,8 mg/dm³), conforme Prezotti *et al.* (2007); Pontos (fig. A Anchieta; fig. B Iconha; fig. C Alfredo Chaves) = valores discrepantes (*outliers*).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os teores de B (Figura 8 A) apresentaram-se baixos em todas as localidades, com destaque para Iconha, que exibiu maior amplitude e valores médios ligeiramente superiores, embora ainda insuficientes. Os municípios de Alfredo Chaves, Anchieta e Rio Novo do Sul apresentaram concentrações medianas abaixo de 0,2 mg/dm³, revelando uma condição generalizada de deficiência deste micronutriente no solo da região, com implicações para cultura da banana.

Para o Zn^{2+} (Figura 8 B) os teores foram mais elevados e variáveis, com os solos amostrados no município de Anchieta destacando-se por apresentar as maiores concentrações e maior dispersão dos dados. Em contrapartida, Iconha demonstrou os menores teores médios de Zn^{2+} e maior proporção de amostras abaixo do nível crítico.

Em relação ao Cu^{2+} (Figura 8 C) os teores foram, predominantemente, baixos nos solos dos quatro municípios, com Alfredo Chaves apresentando as maiores concentrações medianas e alguns valores acima do nível crítico, indicando possível influência de práticas agrícolas mais intensivas. Já em Iconha e Rio Novo do Sul, os teores de Cu^{2+} foram mais homogêneos e inferiores ao nível crítico, sugerindo maior limitação da disponibilidade deste elemento nas áreas avaliadas.

Os teores de Fe^{2+} (Figura 9 A) são variáveis entre os municípios, com Alfredo Chaves e Iconha destacando-se por apresentarem os maiores valores medianos e amplitude considerável. Em ambas as localidades, grande parte das amostras superou o valor de referência, indicando disponibilidade adequada do nutriente para as plantas. Por outro lado, Rio Novo do Sul revelou os menores teores médios e maior proporção de amostras abaixo do nível crítico.

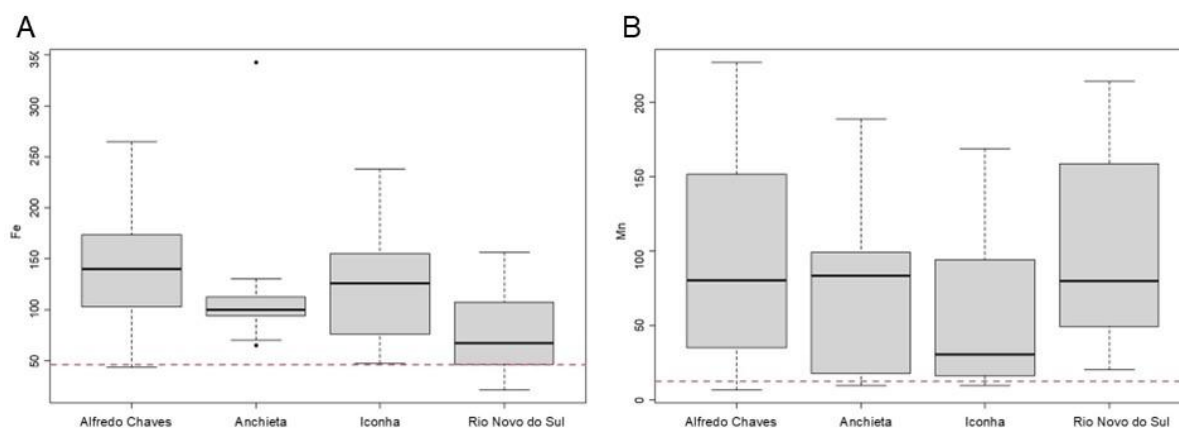


Figura 9. Boxplot dos teores de Fe^{2+} (A) e Mn^{2+} (B) (mg/dm³) dos talhões de banana do subgrupo Prata, nos quatro municípios estudados dentro da MLS-ES

Nota: Linha tracejada = valor de referência ($\text{Fe} = 45,0 \text{ mg/dm}^3$), ($\text{Mn} = 12,0 \text{ mg/dm}^3$), conforme Prezotti *et al.* (2007); Pontos (fig. B Iconha) = valores discrepantes (*outliers*).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os teores de Mn^{2+} (Figura 9 B) apresentaram-se maiores e com maior variação nos municípios de Alfredo Chaves e Rio Novo do Sul. Anchieta e Iconha, por sua vez, exibiram concentrações mais baixas. Iconha, em especial, apresentou parte significativa das amostras com teores potencialmente limitantes, como indica sua mediana.

Conclusões

O diagnóstico dos atributos químico dos solos cultivados com banana do subgrupo Prata na MLS-ES revela ampla variabilidade na fertilidade do solo entre os municípios e talhões avaliados.

A acidez do solo constitui o fator limitante predominante ao cultivo da banana do subgrupo Prata na região.

A saturação por bases encontra-se inadequada na maioria dos talhões, especialmente em Alfredo Chaves e Iconha.

Os teores de boro e magnésio permanecem abaixo dos níveis críticos em grande parte das áreas avaliadas.

Anchieta apresenta os solos com melhores indicadores de fertilidade do solo para a cultura da banana do subgrupo Prata na MLS-ES.

O estudo aponta a necessidade de manejo nutricional mais eficiente para os bananais da MLS-ES baseado em diagnósticos periódicos de fertilidade amparados por assistência técnica.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo (PPGA – Ifes, Campus de Alegre) e ao Programa Universidade Aberta Capixaba (UnAC-Ifes), do Sistema UniversidadES (Governo do Estado do Espírito Santo).

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pela concessão de auxílio financeiro para condução e realização do projeto por meio do Nº 830/2024 - P: 2024-FZ2BT.

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) e todos extensionistas que colaboraram durante a execução das etapas de campo.

Aos agricultores capixabas, especialmente aos produtores de banana e suas famílias, que nos acolheram com generosidade e dedicaram parte de seu tempo para contribuir com esta pesquisa.

Referências

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. *In*: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645-736.
- GALEANO, E. A. V. *et al.* (org.). **Cadeia produtiva da banana no Espírito Santo**. Vitória, ES: INCAPER, 2022. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/4205/1/Livro-CadeiaProdutivaBanana-ES-Incaper.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2025.
- GUIMARÃES, G. G. F.; DEUS, J. A. L. D. Diagnosis of soil fertility and banana crop nutrition in the state of Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 43, n. 4, p. e-124, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-29452021124>. Acesso em: 02 jul. 2025.
- GUIMARÃES, G. G. F.; DEUS, J. A. L. D. Fertilidade do solo, adubação e nutrição da bananeira. *In*: GUIMARÃES, G. G. F. *et al.* (Orgs.). **Produção de banana em Santa Catarina**. Florianópolis, SC: Epagri, 2023. p. 131–152.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017**. IBGE, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017/resultados-definitivos>. Acesso em: 1 jul. 2025.
- INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Painel da produção agropecuária do Espírito Santo** [painel interativo]. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/Contents/Item/Display/8662>. Acesso em: 1 jul. 2025.
- PREZOTTI, L. C. **Guia de interpretação de análise de solo**. Vitória, ES: INCAPER, 2013.
- PREZOTTI, L. C. *et al.* **Manual de recomendação de adubação e calagem do Espírito Santo** (5ª aproximação). Vitória, ES: SEEA; INCAPER; CEDAGRO, 2007.
- RAIJ, B. van *et al.* **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001.
- RODRIGUES FILHO, V. A.; NEVES, J. C. L.; DONATO, S. L. R. Model to estimate nutritional and non-nutritional limitations of ‘prata-anã’ banana crops grown in different environments. **Revista Caatinga**, v. 34, p. 58–67, 16 abr. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252021v34n107rc>. Acesso em: 25 jul. 2025.
- SANTOS, M. A. *et al.* Nutrient reference values for ‘BRS Platina’ banana in improved fertility soils. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 46, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202246008722>. Acesso em: 25 jul. 2025.
- SILVA, A. B. da; SOUSA, A. R. de; ACCIOLY, L. J. de O. Solos. *In*: SILVA JUNIOR, J. F. da; LOPES, G. M. B.; FERRAZ, L. G. B. (Eds.). **Sistema de produção de banana para a Zona da Mata de Pernambuco**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010. p. 18–24. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/877997>. Acesso em: 1 jul. 2025.
- SILVA, M. A. B. *et al.* A relevância da matéria orgânica para a manutenção da qualidade solo. *In*: SOUZA, M. N. (Org.). **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. v. 3. 1. ed.

Canoas, RS, Brazil: Mérida Publishers, 2022. Disponível em: <https://www.meridapublishers.com/rad3/cap6.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2025.

SOUZA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA, S. A. de. Acidez do solo e sua correção. *In*: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* **Manual de métodos de análise de solos**. 3 ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

**Boletim
Técnico, Nº 16**

*Exemplares digitais deste
boletim técnico podem ser
obtidos em:*

*Programa de Pós-
Graduação em Agroecologia
(PPGA)*

*Instituto Federal do Espírito
Santo -Campus de Alegre
Rodovia ES 482, km 47, Cx.
Postal-47, Distrito de Rive,
Alegre-ES*

Telefone: (28) 3564-1808

www.ppga.alegre.ifes.edu.br

**Comissão
Editorial do
PPGA**

*Otacílio José Passos
Rangel, Ana Paula
Candido Gabriel
Berilli, Aparecida de
Fátima Madella de
Oliveira, Danielle
Inácio Alves, Jeane de
Almeida Alves,
Jéferson Luiz Ferrari,
Maurício Novaes
Souza, Monique
Moreira Moulin, Pedro
Pierro Mendonça*

**Editoração
eletrônica**

PPGA