

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO VALE DO RIBEIRA

**“ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, ESTADO NUTRICIONAL E
SEVERIDADE DA SIGATOKA NEGRA NA CULTURA DA
BANANA ADUBADA DE ACORDO COM O ÍNDICE DE
SUFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO”
TRABALHO ORIGINAL DE PESQUISA**

GABRIEL IBELLI FIGUEIRA

Trabalho de Graduação apresentado à
Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do
Ribeira Paulista - UNESP, para graduação em
Engenharia Agrônômica.

REGISTRO – SP

2º Semestre/2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO VALE DO RIBEIRA

**“ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, ESTADO NUTRICIONAL E
SEVERIDADE DA SIGATOKA NEGRA NA CULTURA DA
BANANA ADUBADA DE ACORDO COM O ÍNDICE DE
SUFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO”
TRABALHO ORIGINAL DE PESQUISA**

GABRIEL IBELLI FIGUEIRA

Orientador: Prof. Dr. Leandro José Grava de Godoy

Trabalho de Graduação apresentado à
Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do
Ribeira Paulista - UNESP, para graduação em
Engenharia Agrônômica.

REGISTRO
2º Semestre/2025

F475a

Figueira, Gabriel Ibelli

Atributos químicos do solo, estado nutricional e severidade da sigatoka negra na cultura da banana adubada de acordo com o índice de suficiência de nitrogênio / Gabriel Ibelli Figueira. -- Registro, 2025

34 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira, Registro

Orientador: Leandro José Grava de Godoy

1. Nutrição. 2. Fertilizantes. 3. Banana. 4. Nitrogen. 5. Fertilizer. I. Título.

CERTIFICADO

TRABALHO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA

TÍTULO: "ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, ESTADO NUTRICIONAL E SEVERIDADE DA SIGATOKA NEGRA NA CULTURA DA BANANA ADUBADA DE ACORDO COM O ÍNDICE DE SUFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO"

ACADÊMICO: Gabriel Ibelli Figueira

ORIENTADOR: Prof. Assoc. Leandro José Grava de Godoy

PERÍODO: 9º Semestre 5º Ano

Aprovado:

Reprovado:

BANCA EXAMINADORA:

Presidente Prof. Assoc. Leandro José Grava de Godoy

Membro Profa. Dra. Elza Alves Corrêa

Membro Prof. Dr. Heitor Marcel da Silva Ribeiro

Registro, 01 / 07 / 2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter sido meu refúgio e minha força nos momentos mais difíceis. Sua presença me sustentou nas incertezas, renovou minha coragem diante das provações e me deu paz nos dias turbulentos.

Aos meus pais, Humberto Ibelli e Lucia Ibelli, minha eterna gratidão. Vocês são meu alicerce, meu exemplo de dedicação, honestidade e amor incondicional. Obrigado por acreditarem em mim mesmo quando eu duvidava, por cada gesto de apoio e por todo o sacrifício feito para que eu pudesse conquistar este sonho.

Às minhas irmãs, Ana Rafaela e Patrícia Diogo, agradeço por estarem sempre ao meu lado, com palavras de carinho, escuta atenta e incentivo nos momentos em que mais precisei. A presença de vocês foi fundamental para que eu nunca me sentisse sozinho.

Ao Ricardo Campinas e à Julia Ramalho, meus verdadeiros pilares durante todos esses anos. Obrigado por segurarem minha mão, por estarem presentes em cada passo e por me ajudarem a manter o equilíbrio emocional mesmo nos períodos mais desafiadores. Vocês foram meu apoio, minha família fora de casa, e levo vocês no coração com muita gratidão e carinho.

Aos meus irmãos de república e colegas de graduação, que dividiram comigo não apenas espaços, livros e tarefas, mas também histórias, angústias, madrugadas de estudo e momentos de muita alegria. Cada experiência vivida com vocês foi um aprendizado, e cada risada compartilhada fez com que a caminhada fosse mais leve.

Agradeço imensamente ao Professor Leandro José Grava de Godoy, meu orientador, por sua dedicação, paciência e por acreditar no meu potencial. Suas orientações foram essenciais para a construção deste trabalho e para meu crescimento acadêmico.

Agradeço também à Professora Elza Alves Corrêa, por todas as oportunidades que me foram confiadas e por seu olhar generoso e inspirador, que ampliou meu horizonte dentro e fora da universidade.

Agradeço ao CNPq pela concessão da bolsa, a YARA Brasil pelo financiamento do projeto e o Grupo GEBAN no qual participei por vários anos e tive grande ajuda dos meus colegas.

A todos vocês, meu sincero e profundo agradecimento. Este trabalho é, também, fruto do amor, da força e do cuidado que recebi ao longo desta jornada.

RESUMO

A bananicultura é uma atividade agrícola de grande importância socioeconômica, especialmente no Vale do Ribeira (SP), onde a produção enfrenta desafios relacionados à baixa fertilidade dos solos e à elevada pressão de doenças foliares, como a Sigatoka Negra. O nitrogênio é essencial para o desenvolvimento da bananeira, mas seu manejo inadequado pode comprometer a produtividade e aumentar a suscetibilidade a doenças. O uso do Índice de Suficiência de Nitrogênio (ISN), obtido por meio do clorofilômetro SPAD-502, permite um manejo mais eficiente e sustentável da adubação nitrogenada. Este trabalho teve como objetivo avaliar diferentes estratégias de adubação nitrogenada na bananeira cv. Grand Naine, analisando os efeitos sobre a fertilidade do solo, o estado nutricional das plantas, a severidade da Sigatoka Negra e a produtividade. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da UNESP – FCAVR, em Registro/SP, utilizando delineamento em blocos casualizados com dez tratamentos e seis repetições. Os tratamentos incluíram controle, área de referência (500 kg ha⁻¹ de N), adubação tradicional (BT100), fertilizante organomineral e diferentes níveis de ISN (< 90%, < 94% e < 98%), com doses de 250 e 300 kg ha⁻¹ de N. A aplicação de N foi realizada conforme as leituras mensais do clorofilômetro, entre 8h e 10h. Foram avaliados atributos químicos do solo, diagnóstico foliar, severidade da Sigatoka Negra e produtividade. Os dados foram submetidos à análise estatística de variância e pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Os resultados mostraram que os tratamentos guiados pelo ISN permitiram reduzir as doses de nitrogênio sem prejuízo à produtividade, que foi igual ou superior à área de referência. Além disso, esses tratamentos reduziram a acidificação do solo e a severidade da Sigatoka Negra, evidenciando que o manejo baseado no ISN é tecnicamente viável e ambientalmente mais sustentável para a cultura da banana. Essa estratégia pode ser recomendada para otimizar o uso de fertilizantes e promover uma agricultura mais eficiente no Vale do Ribeira.

Palavras-chave: Nitrogênio, Banana, Fertilizante

ABSTRACT

Banana cultivation is an agricultural activity of great socioeconomic importance, especially in the Vale do Ribeira region (SP), where production faces challenges related to low soil fertility and high pressure from foliar diseases, such as Black Sigatoka. Nitrogen is essential for banana plant development, but its improper management can compromise productivity and increase susceptibility to diseases. The use of the Nitrogen Sufficiency Index (NSI), obtained through the SPAD-502 chlorophyll meter, allows for more efficient and sustainable nitrogen fertilization management. This study aimed to evaluate different nitrogen fertilization strategies for the banana cv. Grand Naine, analyzing their effects on soil fertility, plant nutritional status, Black Sigatoka severity, and productivity. The experiment was conducted at the Experimental Farm of UNESP – FCAVR, in Registro/SP, using a randomized block design with ten treatments and six replications. Treatments included a control, a reference area (500 kg ha⁻¹ of N), traditional fertilization (BT100), organomineral fertilizer, and different NSI levels (< 90%, < 94%, and < 98%) with nitrogen doses of 250 and 300 kg ha⁻¹. Nitrogen was applied based on monthly chlorophyll meter readings, taken between 8 a.m. and 10 a.m. Soil chemical attributes, foliar diagnosis, Black Sigatoka severity, and productivity were evaluated. Data were subjected to analysis of variance and means were compared using the Scott-Knott test at a 5% significance level. The results showed that NSI-guided treatments allowed for reduced nitrogen doses without compromising productivity, which was equal to or higher than that of the reference area. Additionally, these treatments reduced soil acidification and Black Sigatoka severity, demonstrating that NSI-based management is technically feasible and environmentally more sustainable for banana cultivation. This strategy is recommended to optimize fertilizer use and promote more efficient agriculture in the Vale do Ribeira..

Keywords: Nitrogen, Banana, Fertilizer

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Adubação nitrogenada na bananeira	12
2.2 Estratégias de manejo para aumentar a eficiência do nitrogênio	12
2.4 Índice de suficiência de nitrogênio (ISN)	13
2.5. Influência da adubação nitrogenada na suscetibilidade de doenças	14
2.6. Área de Referência.....	14
2.7. Uso de medida indireta de clorofila como auxílio	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5. CONCLUSÃO	28
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

1. INTRODUÇÃO

A bananicultura desempenha um papel estratégico na agricultura mundial, tanto pelo volume de produção quanto pela geração de renda e empregos, especialmente em regiões tropicais e subtropicais. A banana (*Musa spp.*) é amplamente cultivada em sistemas de produção variados, que vão desde pequenas propriedades familiares até grandes plantações comerciais, adaptando-se a diferentes condições edafoclimáticas. No entanto, fatores como manejo inadequado da fertilização e pressão de doenças foliares limitam o potencial produtivo da cultura, destacando a importância de estudos que integrem nutrição e sanidade vegetal (ROBINSON e GALÁN SAÚCO, 2010; STOVER e SIMMONDS, 1987).

No Brasil, o Vale do Ribeira, localizado no sul do estado de São Paulo, destaca-se como uma das principais regiões produtoras de banana, sendo referência nacional em termos de volume e qualidade. A atividade bananeira é fundamental para a economia local, sustentando milhares de famílias e contribuindo significativamente para o desenvolvimento socioeconômico da região. Contudo, as condições climáticas úmidas e o histórico de solos com baixa fertilidade natural impõem desafios adicionais ao cultivo, como a maior suscetibilidade à doenças e a necessidade de um manejo nutricional eficiente para garantir altas produtividades. Dessa forma, direcionar estudos para a realidade produtiva do Vale do Ribeira é essencial para gerar tecnologias que promovam um cultivo mais sustentável e adaptado às particularidades regionais, otimizando o uso de fertilizantes e contribuindo para a sanidade da cultura.

A nutrição das plantas é um dos pilares para garantir o crescimento saudável, a produtividade e a longevidade da bananeira (*Musa spp.*), sendo determinante para o sucesso agrônomico e econômico da cultura. O fornecimento adequado e balanceado de nutrientes está diretamente associado ao desenvolvimento vegetativo vigoroso, ao aumento da área foliar, ao potencial fotossintético, à formação de cachos com maior número de frutos, bem como à qualidade final da produção, incluindo características como tamanho, peso, sabor e valor comercial. Dentre os nutrientes essenciais, o nitrogênio (N) ocupa um papel central, sendo frequentemente o elemento mais limitante na produção agrícola. O nitrogênio é componente estrutural de moléculas fundamentais, como aminoácidos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos (DNA e RNA), além de ser parte integrante da clorofila, pigmento essencial no processo fotossintético. A fotossíntese, por sua vez, é o mecanismo responsável pela captação de energia luminosa e sua conversão em energia química, resultando na síntese de carboidratos que sustentam o crescimento da planta e o enchimento dos frutos. Dessa forma, a adequada nutrição nitrogenada é imprescindível para o bom desempenho fisiológico da bananeira, promovendo taxas elevadas de fotossíntese, eficiente assimilação de carbono e aumento da produção de matéria seca.

Além de estimular o crescimento vegetativo e a formação de tecidos de reserva, o nitrogênio influencia diretamente a emissão de folhas, a arquitetura da planta, a velocidade de crescimento dos órgãos reprodutivos e o alongamento dos cachos. Plantas bem nutridas tendem a apresentar maior resistência ao estresse hídrico e a condições adversas, além de manterem um equilíbrio metabólico que favorece o desenvolvimento sustentável da cultura. No entanto, a adubação nitrogenada exige um manejo criterioso, visto que tanto a deficiência quanto o excesso deste nutriente podem comprometer a sanidade e o desempenho produtivo das plantas. A deficiência de nitrogênio leva à clorose (amarelecimento) das folhas mais velhas, crescimento limitado, menor área foliar e significativa redução da produtividade, uma vez que a planta não consegue realizar a fotossíntese de forma eficiente. Por outro lado, a aplicação excessiva de nitrogênio pode provocar efeitos adversos, como o desbalanço nutricional, o aumento do teor de tecidos suculentos e tenros que favorecem a incidência de pragas e doenças foliares, como a Sigatoka Negra, além de estimular um crescimento vegetativo exagerado que, muitas vezes, ocorre em detrimento da formação dos frutos. Assim, o manejo racional da adubação nitrogenada é um aspecto central para a sustentabilidade da produção de bananas (MARSCHNER, 2012; MENGEL e KIRKBY, 2001).

Dentre os desafios sanitários, a Sigatoka Negra, causada pelo fungo *Mycosphaerella fijiensis*, é uma das principais ameaças à produção. A doença compromete a fotossíntese ao reduzir a área foliar funcional, acarretando perdas significativas de produtividade. O manejo dessa doença é complexo e demanda práticas integradas que combinem controle químico, cultural e genético, além de atenção à nutrição mineral, que pode modular a resistência das plantas (DADZIE e ORCHARD, 1997; PLOETZ et al., 1999). Estima-se que, em casos graves e sem controle, as perdas de produtividade podem superar 50%, tornando seu controle uma prioridade agrônômica (VENTURA e HINZ, 2002).

O Boletim Técnico 100 do Instituto Agronômico de Campinas (RAIJ et al., 1997) recomenda, para a cultura da banana, teores foliares adequados de N entre 22 e 30 g kg⁻¹, P entre 1,5 e 2,5 g kg⁻¹, K entre 30 e 50 g kg⁻¹, Ca entre 5 e 15 g kg⁻¹, Mg entre 2,5 e 5 g kg⁻¹, e S entre 1,5 e 3 g kg⁻¹. Esses parâmetros são fundamentais para a interpretação do estado nutricional e tomada de decisões sobre o manejo. Em solos tropicais como os do Vale do Ribeira, com acidez e baixa retenção de nutrientes, o desafio da adubação eficaz é ainda maior.

Nesse cenário, ferramentas tecnológicas, como o medidor de clorofila (SPAD-502), têm se mostrado úteis para a avaliação do estado nutricional das plantas. Esse equipamento permite estimar a concentração de clorofila nas folhas, fornecendo uma medida indireta da disponibilidade de nitrogênio na planta. Essa abordagem facilita ajustes precisos na adubação, otimizando o uso de fertilizantes e reduzindo os custos e os impactos ambientais associados (MARKWELL et al.,

1995; RICHARDSON et al., 2002). Além do manejo nutricional, a comparação entre áreas manejadas de forma tradicional e áreas de referência permite avaliar a eficácia de diferentes estratégias. Essa análise é essencial para identificar as melhores práticas agrícolas, que conciliem alta produtividade, redução de custos e menor impacto ambiental.

A integração de dados de atributos químicos do solo, estado nutricional das plantas e severidade de doenças fornece uma base sólida para o desenvolvimento de recomendações técnicas mais eficazes para a cultura da banana (MALAVOLTA, 2006; YARA, 2013). Com base nessa abordagem integrada, é possível estabelecer cinco recomendações práticas para o manejo nutricional e fitossanitário da bananeira. A primeira recomendação consiste na realização periódica de análises químicas do solo e diagnósticos foliares, com o objetivo de monitorar a disponibilidade e o equilíbrio dos nutrientes, possibilitando correções adequadas de acordo com a necessidade da cultura. A segunda recomendação refere-se à adoção de um manejo racional da adubação nitrogenada, com o ajuste das doses em função da demanda real das plantas e com o auxílio de ferramentas de diagnóstico indireto, como o clorofilômetro, a fim de otimizar o uso de insumos e minimizar perdas por lixiviação. A terceira recomendação inclui a implementação de práticas de conservação e melhoria do solo, como a manutenção de cobertura vegetal e o controle da compactação, que favorecem a retenção de nutrientes e o desenvolvimento eficiente do sistema radicular. A quarta recomendação destaca a importância do monitoramento contínuo das doenças foliares, especialmente a Sigatoka Negra, com a análise conjunta dos dados de severidade e do estado nutricional, visto que desequilíbrios, principalmente o excesso de nitrogênio, podem aumentar a suscetibilidade das plantas. Por fim, a quinta recomendação propõe o parcelamento das adubações, em especial das aplicações nitrogenadas, de forma a garantir uma oferta constante e equilibrada de nutrientes ao longo do ciclo da cultura, aumentando a eficiência de absorção pelas plantas e reduzindo os impactos ambientais. Essas recomendações contribuem para o desenvolvimento de um sistema de produção mais eficiente, sustentável e capaz de atender às exigências nutricionais e fitossanitárias da bananeira.

Sendo assim o objetivo principal foi avaliar diferentes estratégias de adubação nitrogenada na bananeira cv. Grand Naine. Também buscou-se verificar o impacto sobre a fertilidade do solo, o estado nutricional das plantas, a severidade da Sigatoka Negra e a produtividade, testando o uso do Índice de Suficiência de Nitrogênio (ISN).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Adubação nitrogenada na bananeira

A adubação nitrogenada é essencial para maximizar a produtividade da bananeira, já que o nitrogênio é um dos principais nutrientes responsáveis pelo crescimento vegetativo da planta e pela formação dos frutos. A bananeira é uma cultura de alto consumo de nutrientes, sendo o nitrogênio um dos principais responsáveis pelo desenvolvimento de suas folhas e pseudocaule, além de influenciar diretamente a qualidade e a quantidade dos frutos. A recomendação de fertilização pode variar conforme as condições edafoclimáticas e a variedade cultivada. Em regiões de alta produtividade, as doses de nitrogênio recomendadas variam de 350 a 500 kg ha⁻¹, com algumas variedades exigindo até 585 kg ha⁻¹ (BAZURTO et al., 2017).

Estudos realizados em diferentes regiões, como em São Paulo, revelam que a exportação de nitrogênio pela bananeira não é linear com as doses aplicadas, o que sugere que as plantas nem sempre conseguem absorver toda a quantidade de nitrogênio fornecida, resultando em baixa eficiência de uso do nutriente. A eficiência de utilização de nitrogênio pela cultura da banana é um tema crucial, pois, em muitos casos, menos de 40% do N aplicado é efetivamente utilizado pelas plantas (MATSUMOTO et al., 2019). Isso resulta em perdas significativas de fertilizantes para o ambiente, além de custos adicionais para os produtores. A utilização ineficiente de nitrogênio também contribui para a poluição de recursos hídricos e emissões de gases de efeito estufa, com impactos ambientais consideráveis. Pesquisas indicam que práticas de manejo que visam reduzir o uso excessivo de fertilizantes podem melhorar a sustentabilidade da produção e reduzir os impactos ambientais (BERTOLINI et al., 2021). Além disso, a adubação nitrogenada adequada pode melhorar a resistência das plantas a pragas e doenças, tornando a produção mais resiliente a fatores bióticos e abióticos, como a seca (PEREIRA et al., 2014).

2.2 Estratégias de manejo para aumentar a eficiência do nitrogênio

Além da dosagem, outros aspectos do manejo também influenciam a eficiência da adubação. A escolha da fonte de nitrogênio, o momento da aplicação e o modo de aplicação podem impactar significativamente a absorção de nitrogênio pelas plantas (RODRIGUES et al., 2018). O uso de tecnologias de diagnóstico nutricional, como o clorofilômetro, tem se mostrado uma das melhores estratégias para otimizar o manejo de nitrogênio, permitindo que os produtores monitorem em tempo real as necessidades de nitrogênio das plantas e ajustem as doses de fertilizante de forma precisa, minimizando o uso excessivo e os impactos ambientais (MEDEIROS et al., 2019).

A utilização do clorofilômetro SPAD-502 tem sido bem documentada em várias culturas, incluindo a bananeira, onde o equipamento pode ser utilizado para avaliar a concentração de clorofila nas folhas, um indicador direto da quantidade de nitrogênio presente na planta. Quando o nível de clorofila é baixo, isso geralmente está associado à deficiência de nitrogênio, indicando a necessidade de uma aplicação adicional de fertilizante (GONZÁLEZ et al., 2020).

2.3 Eficiência da adubação nitrogenada

A eficiência da adubação nitrogenada na cultura da banana está intimamente relacionada aos atributos químicos do solo, que afetam a disponibilidade de nutrientes e a capacidade de assimilação de nitrogênio (N) pelas plantas. O pH do solo, a capacidade de troca catiônica (CTC), a matéria orgânica e os níveis de nutrientes influenciam diretamente a dinâmica de N no solo, determinando sua forma disponível para as plantas. Solos com pH adequado favorecem a solubilidade dos fertilizantes nitrogenados, enquanto uma boa CTC melhora a retenção de nutrientes essenciais (FAGERIA e BALIGAR, 2008). A matéria orgânica, por sua vez, tem um papel fundamental no aumento da capacidade de troca de cátions e na liberação gradual de N (OLIVEIRA e SILVA, 2016).

Estudos indicam que o manejo adequado desses atributos pode reduzir a perda de nitrogênio por volatilização e lixiviação, aumentando a eficiência da adubação e, conseqüentemente, o crescimento e o rendimento das plantas (LIU e ZHANG, 2018). A clorofila da planta, medida indiretamente por meio do clorofilômetro SPAD-502, reflete o estado nutricional da bananeira, que é influenciado pela disponibilidade de N no solo (NASCIMENTO e FIGUEIREDO, 2017). Combinada com o uso de uma área de referência (AR), essa ferramenta pode ser uma alternativa para otimizar as aplicações de fertilizantes e garantir que as plantas recebam a quantidade ideal de nitrogênio, promovendo a sustentabilidade da produção (SOARES e NEVES, 2020).

2.4 Índice de suficiência de nitrogênio (ISN)

O Índice de Suficiência de Nitrogênio (ISN) é uma ferramenta útil para determinar as necessidades de fertilização da cultura de forma precisa e eficiente. O ISN é calculado pela comparação da concentração de clorofila de uma planta em relação a uma planta de referência, onde a fertilização nitrogenada foi ideal ou extrapolada. Estudos mostram que o ISN pode ser utilizado para reduzir a quantidade de fertilizante aplicado, sem comprometer a produtividade da cultura. O uso de ISN pode reduzir em até 20% a aplicação de nitrogênio, ao mesmo tempo que

mantém o rendimento (CARDOSO et al., 2020).

O método já é bem estabelecido em culturas como milho, trigo, arroz, algodão e forrageiras, onde tem mostrado bons resultados na recomendação de adubações de cobertura mais ajustadas. No milho, por exemplo, o ISN tem sido empregado para corrigir a adubação durante o ciclo, o que melhora a eficiência no uso do fertilizante e evita aplicações desnecessárias (ARGENTA et al., 2004). Em trigo e arroz, o índice também tem ajudado a adequar as doses ao longo do desenvolvimento da planta, permitindo manejos mais sustentáveis e produtivos (GROHS et al., 2009; SCHEPERS et al., 1992).

Como a bananeira é altamente exigente em nitrogênio, a utilização dessa ferramenta pode ser uma alternativa interessante para evitar tanto a deficiência quanto o excesso do nutriente, contribuindo para o equilíbrio nutricional, a sanidade da planta e a sustentabilidade da produção.

2.5. Influência da adubação nitrogenada na suscetibilidade de doenças

A relação entre nutrição mineral e resistência a doenças tem sido amplamente estudada, com destaque para os efeitos da adubação nitrogenada. Doses inadequadas, sejam excessivas ou insuficientes, podem alterar o metabolismo vegetal e modificar a interação planta-patógeno. O excesso de nitrogênio, por exemplo, estimula o crescimento de tecidos jovens e suculentos, que são mais atrativos e suscetíveis ao ataque de patógenos, enquanto a deficiência reduz a capacidade da planta de sintetizar compostos de defesa, como lignina e compostos fenólicos (GONÇALVES et al., 2019).

2.6. Área de Referência

A utilização de áreas de referência em experimentos agrícolas é uma prática comum para avaliar o impacto de diferentes estratégias de manejo nutricional sobre a produtividade e o estado fitossanitário das culturas. Essas áreas geralmente são manejadas com doses máximas recomendadas de fertilizantes ou práticas otimizadas, permitindo estabelecer parâmetros para comparação com tratamentos experimentais (CORDEIRO et al., 2021).

2.7. Uso de medida indireta de clorofila como auxílio

O medidor de clorofila (SPAD-502) é uma ferramenta que tem revolucionado o manejo da adubação em diversas culturas, incluindo a bananeira. O equipamento fornece uma estimativa indireta da concentração de clorofila nas folhas, que está diretamente associada ao teor de nitrogênio na planta. Essa metodologia prática e não destrutiva permite monitorar o estado nutricional da cultura em tempo real, auxiliando na tomada de decisões sobre o manejo da adubação (ARGENTA et al., 2001).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Realizado dentro da Fazenda da UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira (FCAVR) - Campus Registro, localizada na cidade de Registro-SP (24° 29' 17" Sul, 47° 50'5" Oeste) (Figura 1), o clima da região é classificado como quente e úmido, com frequente chuvas no verão, apresentou durante o período experimental os valores de temperatura, umidade relativa e precipitação de acordo com o monitoramento climático do Centro Integrado de Informações Agrometeorológico (CIAGRO) (Tabela 1). O experimento foi conduzido utilizando o delineamento em blocos ao acaso (Figura 2), sendo dez tratamentos com parcelas compostas por vinte bananeiras da cv. Grand Naine, e seis repetições, porém apenas as seis “plantas centrais” foram analisadas, visto que há uma necessidade de haver bordaduras para que os tratamentos mais próximos não influenciassem. (Figura 3).



Figura 1. Área experimental com plantio de banana na fazenda experimental da FCAVR em Registro – SP (Imagem feita por um drone).

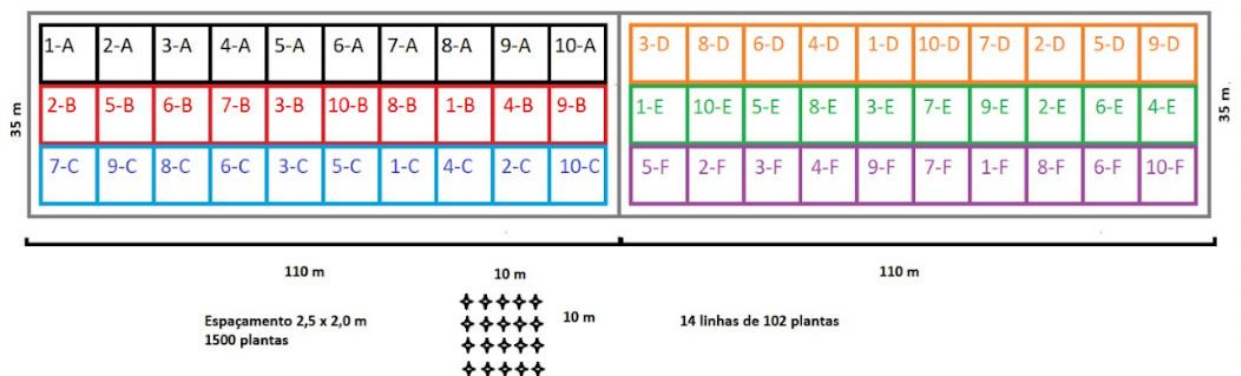
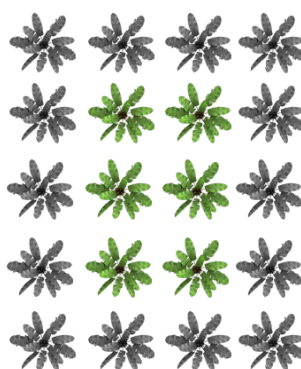


Figura 2. Croque da área experimental

Tabela 1. Média mensal das condições climáticas durante a condução do experimento, dados do CIIAGRO (2023/2024).

REGISTRO-SP Meses	Temperatura (°C)		Umidade Relativa do ar (%)		Precipitação (mm)
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Precipitação
Setembro/2023	18,09	28,20	66,65	99,87	42,16
Outubro/2023	18,48	23,92	85,68	100	223,24
Novembro/2023	19,81	29,19	69,40	99,73	110,74
Dezembro/2023	21,68	31,89	61,98	99,28	49,78
Janeiro/2024	21,46	31,73	64,54	99,62	191,51
Fevereiro/2024	22,49	31,62	68,15	99,81	157,22
Março/2024	22,14	31,27	68,45	99,76	150,11
Abril/2024	21,95	30,28	68,26	97,23	95,26
Maio/2024	20,07	29,60	61,81	94,56	60,20
Junho/2024	17,52	28,50	60,65	95,26	11,17
Julho/2024	15,55	22,73	73,26	95,40	67,55
Agosto/2024	9,01	22,12	50,87	99,88	76,30



coloridas: úteis – incolores: bordaduras

Figura 3. Esquema das parcelas experimentais; 20 plantas no total sendo as 6 centrais úteis.

Este estudo contou com 10 tratamentos, caracterizados da seguinte maneira:

Tratamentos	Descrição
1	CONTROLE
2	AR
3	BT100 NIT 280
4	ISN 90 300
5	ISN 94 300
6	ISN 98 300
7	ISN 90 250
8	ISN 94 250
9	ISN 98 250
10	BT100 AM 280

controle (sem N);
 área de referência (500 kg ha⁻¹ N);
 adubação seguindo as recomendações oficiais de SP BT100 (280 kg ha⁻¹ N);
 adubação nitrogenada aplicada quando o Índice de Suficiência de N (ISN) for <0,90, utilizando 300 kg ha⁻¹ N;
 adubação nitrogenada aplicada quando o ISN for <0,94, utilizando 300 kg ha⁻¹ N;
 adubação nitrogenada aplicada quando o ISN for <0,98, utilizando 300 kg ha⁻¹ N;
 adubação nitrogenada aplicada quando o ISN for <0,90, utilizando 250 kg ha⁻¹ N;
 adubação nitrogenada aplicada quando o ISN for <0,94, utilizando 250 kg ha⁻¹ N;
 adubação nitrogenada aplicada quando o ISN for <0,98, utilizando 250 kg ha⁻¹ N;
 adubação seguindo as recomendações oficiais de SP, utilizando fertilizante com aminoácidos.

Na adubação de produção, os fertilizantes foram aplicados manualmente, na superfície do solo, ao redor das plantas (Figura 4). Foi utilizado 200, 750, 100, 50 e 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, K₂O, Ca, Mg e S respectivamente. Como fontes, foram utilizados nitrato de amônio, nitrabor, superfosfato triplo, cloreto de potássio e sulfato de magnésio. A aplicação de micronutrientes foi realizada conforme a necessidade. A dose de N dependeu do tratamento, pois a adubação com N foi realizada apenas quando a parcela apresentasse o ISN (Índice de Suficiência de Nitrogênio) menor do que o pré determinado para cada tratamento. Para garantir maior uniformidade na aplicação os adubos foram pesados por planta e junto a isso foi usado um molde para garantir a distância de aplicação em relação à planta. O parcelamento foi feito de acordo com as recomendações do Boletim Técnico 100 – SP do Instituto Agronomico de Campinas (BT100). Os demais tratos culturais seguiram a metodologia de acordo com Nomura e Damatto Jr. (2020).

A medida indireta de clorofila (MIC), ocorreu por meio do clorofilômetro SPAD – 502, as leituras foram feitas mensalmente nos dois lados da folha 3 (Figura 5), no comprimento médio da folha, sempre no período das 8h às 10h por ser um momento em que a planta está em pleno funcionamento fisiológico, sem estresse excessivo por calor ou déficit hídrico, o que favorece leituras mais consistentes. O Índice de Suficiência de Nitrogênio (ISN) deu-se pela razão entre Medida Indireta de Clorofila (MIC) na parcela/MIC na área de referência (AR) (Equação 1). Na época do florescimento, amostras da folha diagnóstico foram coletadas, para caracterizar o estado nutricional da bananeira (Figura 6).

Amostras de solo também foram coletadas, na camada de 0 a 0,2 m de profundidade para avaliar as alterações na fertilidade do solo, uma vez que foram utilizados fertilizantes com poder acidificante. As amostras de folha e solo foram enviadas para o laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição (LAFEN - UNESP) para serem analisadas. As avaliações da severidade da Sigatoka Negra se iniciaram um mês após a aplicação dos tratamentos, sendo realizadas quinzenalmente até o início da colheita totalizando desesseis análises. Foram monitoradas três plantas por parcela, utilizando o método do Estado da Evolução (EE) adaptado para a Sigatoka Negra (MORAES et al., 2011). Para estimar o rendimento em quilogramas de frutos por hectare, os cachos foram pesados e, após o despencamento, o peso dos engaços foi subtraído para calcular o peso líquido das pencas.

$$ISN = \frac{MIC \text{ da parcela}}{MIC \text{ AR}}$$

Equação 1. Cálculo do Índice de Suficiência de Nitrogênio.



Figura 4. Imagem do solo após adubação



Figura 5. Realização do clorofilômetro



Figura 6. Amostragem de folha para caracterização nutricional da planta

Antes da instalação do experimento, o solo apresentava baixos teores de P (2 a 17 mg dm⁻³), teores de MO variando entre (14 a 20 g dm⁻³) e o pH entre 4,9 e 5,4 (Tabela 2). Já a composição granulométrica do solo indicou uma predominância de areia (Tabela 3) sendo da classe textural Sand CLAY LOAM - Franco Argilo Arenoso (USDA, 2017) o que pode contribuir para uma maior lixiviação de nutrientes, especialmente em altas doses de N. Havia uma baixa participação de alumínio na CTC, e mostra relações favoráveis entre Ca/Mg e Mg/K, com um V% que varia entre 47 e 66% sugerindo condições moderadas de fertilidade (Tabela 4).

Tabela 2. Características químicas básicas do solo, antes da instalação do experimento (fevereiro de 2023), nas camadas de 0 a 0,2 e de 0,2 a 0,4 m de profundidade. D – talhão da direita. E – talhão da esquerda.

Camada	Fósforo Resina	MO Oxid.	pH CaCl ₂	K Resina	Ca Resina	Mg Resina	Na Mehlich	H+Al SMP	Al KCl	CTC	SB	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³		----- mmol _c dm ⁻³ -----									-----%-----
0-0,2 (D)	17	20	5,3	2,3	35	14	0,3	26	0	77,6	51,6	66,0	0
0-0,2 (E)	2	19	5,4	1,7	29	16	0,3	24	0	71,0	47,0	66,0	0
0,2-0,4 (D)	7	16	4,9	0,9	24	11	--	41	0	76,9	35,9	47,0	0
0,2-0,4 (E)	5	14	5,1	1,4	31	14	--	28	0	74,4	46,4	62,0	0

Tabela 3. Composição granulométrica do solo, antes da instalação do experimento (2023), nas camadas de 0 a 0,2 e de 0,2 a 0,4 m de profundidade.

Camada	Argila HMFS + NaOH	Silte HMFS + NaOH	Areia Total HMFS + NaOH
M	----- g kg ⁻¹ -----		
0-0,2 (D)	262	88	650
0-0,2 (E)	225	82	693
0,2-0,4 (D)	313	105	582
0,2-0,4 (E)	227	101	672

Tabela 4. Saturação da Ca, Mg, K, Na, Al e H na CTC e relações entre as bases do solo, antes da instalação do experimento (fevereiro de 2023), nas camadas de 0 a 0,2 e de 0,2 a 0,4 m de profundidade. D – talhão da direita. E – talhão da esquerda.

Camada	% K na CTC	% Ca na CTC	% Mg na CTC	% Na na CTC	% Al na CTC	% H na CTC	Relação Ca/K	Relação Ca/Mg	Relação Mg/K
m	----- % na CTC -----								
0-0,2 (D)	3,0	45,1	18,0	0,0	0,0	33,5	15,2	2,5	6,1
0-0,2 (E)	2,4	40,8	22,5	0,0	0,0	33,8	17,1	1,8	9,4
0,2-0,4 (D)	1,2	31,2	14,3	0,0	0,0	53,3	26,7	2,2	12,2
0,2-0,4 (E)	1,9	41,7	18,8	0,0	0,0	37,6	22,1	2,2	10,0

Os resultados foram analisados por meio de uma análise de variância. As médias dos diferentes tratamentos foram comparadas utilizando o teste de Skott Knott a um nível de significância de 5%. Além disso, foram realizadas comparações entre alguns tratamentos por meio de contrastes. Foi utilizado o software SisVar para a realização das análises.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os diferentes tratamentos de adubação nitrogenada causaram efeitos significativos nos atributos químicos do solo, na severidade da sigatoka, no estado nutricional e nas características produtivas dessa cultivar.

Após a instalação do experimento, notou-se que o tratamento sem a aplicação de N (testemunha) manteve um pH mais alto (5,37) e com uma maior saturação por bases ($V\%=71,9$), mostrando que a ausência da adubação nitrogenada auxilia na menor acidificação do solo (Tabela 5 e Figura 7). Por outro lado, a área de referência (500 kg ha^{-1} de N) mostrou valores menores de pH (4,76) e saturação por bases ($V\%=53,9$) evidenciando um efeito acidificante por excesso de N, conforme relatado por Marschner (2012) e confirmado por Oliveira e Silva (2016).

A acidez trocável (Al) foi significativamente maior no tratamento com o uso do Amiorgan, cuja a forma química do N é amoniacal, alcançando $3,7 \text{ mmolc dm}^{-3}$ seguida pelo tratamento da área de referência. A forma amoniacal de N, ao sofrer nitrificação, libera dois prótons para cada N. Em contraste, tratamentos cuja adubação nitrogenada foi baseada no ISN apresentaram menores teores de Al, indicando melhor balanço químico no solo (Tabela 5).

Os tratamentos onde foram utilizados o ISN, especificamente o ISN < 98% com 300 kg ha^{-1} , mantiveram valores mais equilibrados de pH e V%, demonstrando que essa estratégia, baseada no ISN, pode evitar efeitos negativos que ocorrem com o excesso de N.

Tabela 5. Resumo da análise de variância das características químicas do solo (pH, acidez potencial e trocável, bases trocáveis e saturação por bases) em função das doses de N aplicadas cobertura na cultura da banana cv. Grand Naine (Registro, SP, 2023/24).

Fatores de variação	pH(CaCl ₂)	Al	H + Al	Ca	Mg	K	V
	----- p-valor -----						

Manejo da adubação (M)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Camada do solo (S)	0,369	0,649	0,322	0,009	0,012	0,001	0,012
M x S	0,814	0,951	0,503	0,416	0,061	0,084	0,499
CV %	4,54	165,4	17,64	20,04	15,34	20,41	8,91
	----- mmol _c dm ⁻³ -----						%
Média, 0 – 0,1 m	5,14 a	0,7 a	32,1 a	43,4 a	14,2 a	5,8 a	65,7 a
Média, 0,1 – 0,2 m	5,10 a	0,8 a	33,2 a	38,9 b	13,2 b	4,6 b	62,8 b
Tratamento (kg ha ⁻¹ N)	----- Média das camadas de 0 a 0,1 e 0,1 a 0,2 m -----						
	----- mmol _c dm ⁻³ -----						%
Controle (27)	5,37 a	0,0 c	27,1 b	49,7 a	14,7 b	6,8 a	71,9 a
Área de referência (500)	4,76 c	2,0 b	42,4 a	32,8 c	11,8 c	4,7 b	53,9 c
BT 100, Nitromag (280)	4,96 b	1,0 b	41,0 a	32,5 c	11,3 c	4,3 b	54,0 c
ISN < 90, 300 kg ha ⁻¹ (103)	5,27 a	0,1 c	28,1 b	53,1 a	15,5 b	4,7 b	71,6 a
ISN < 94, 300 kg ha ⁻¹ (103)	5,30 a	0,0 c	29,5 b	42,3 b	14,2 b	4,0 b	67,7 b
ISN < 98, 300 kg ha ⁻¹ (302)	5,26 a	0,0 c	29,6 b	44,4 b	14,9 b	4,9 b	68,4 b
ISN < 90, 250 kg ha ⁻¹ (103)	5,30 a	0,2 c	25,0 b	48,1 a	17,4 a	7,0 a	73,6 a
ISN < 90, 250 kg ha ⁻¹ (211)	5,11 a	0,3 c	31,3 b	39,9 c	14,1 b	4,7 b	65,0 b
ISN < 90, 250 kg ha ⁻¹ (250)	5,13 a	0,5 c	32,1 b	36,3 c	12,9 c	6,3 a	63,2 b
BT 100, Amiorgan (280)	4,73 c	3,7 a	41,3 a	32,5 c	10,5 c	4,8 b	53,4 c

Médias seguidas pela mesma letra e número não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

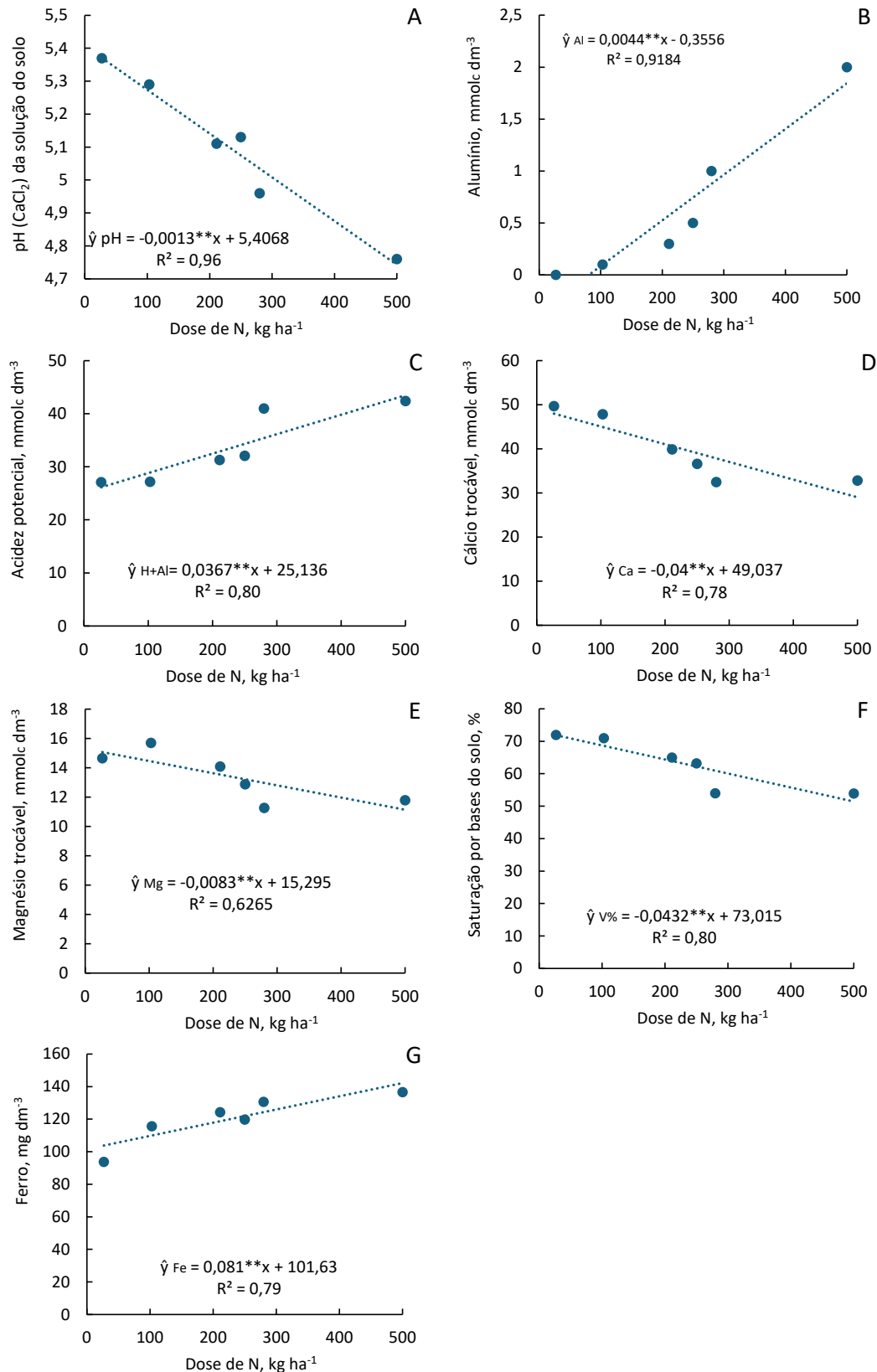


Figura 7. Características químicas do solo (média da camada de 0 a 0,1 e 0,1 a 0,2 m), determinadas em agosto de 2024, em função das doses de N aplicadas na cultura da banana cv. Grand Naine (Registro, SP, 2023/24).

A análise dos atributos químicos (Tabela 6) revelou que o manejo da adubação nitrogenada influenciou todos os elementos avaliados no experimento, exceto o ferro (Fe). A matéria orgânica

do solo variou significativamente em função do manejo e da profundidade, com maiores teores na camada superficial (20,0 g dm⁻³ entre 0–10 cm). Os tratamentos com ISN < 90% (300 kg ha⁻¹) e ISN < 98% (300 kg ha⁻¹) apresentaram os maiores teores médios de M.O. (21,2 e 21,3 g dm⁻³), superiores inclusive ao tratamento BT100 280 (18,5 g dm⁻³) indicando um maior retorno de resíduos vegetais ao solo por conta do melhor desenvolvimento das plantas.

Tabela 6. Resumo da análise de variância das características químicas do solo (teores de M.O.S., P, S, B, Fe, Mn, Cu e Zn) em função das doses de N aplicadas cobertura na cultura da banana cv. Grand Naine (Registro, SP, 2023/24).

Fatores de variação	M.O.	P resina	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn
	p-valor							
Manejo da adubação (M)	0,001	0,001	0,001	0,004	0,005	0,001	0,001	0,001
Camada do solo (S)	0,001	0,001	0,008	0,053	0,788	0,034	0,003	0,001
M x S	0,085	0,066	0,093	0,061	0,679	0,081	0,817	0,067
CV, %	12,80	29,22	28,57	26,88	19,93	33,77	28,87	36,9
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³						
Média, 0 – 0,1 m	20,0 a	42,8 a	19,0 a	0,30 a	117 a	1,3 a	0,56 a	3,1 a
Média, 0,1 – 0,2 m	16,5 b	34,6 b	16,2 b	0,27 a	118 a	1,1 b	0,43 b	2,0 b
Tratamento (kg ha ⁻¹ N)	Média das camadas de 0 a 0,1 e 0,1 a 0,2 m							
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³						
Controle (27)	18,3 b	55,9 a	13,5 b	0,23 b	94 b	0,9 b	0,58 a	2,7 a
Área de referência (500)	18,4 b	33,3 b	16,3 b	0,24 b	137 a	1,1 b	0,47 b	2,3 b
BT 100, Nitromag (280)	18,5 b	39,5 b	14,8 b	0,28 b	131 a	1,6 a	0,68 a	3,3 a
ISN < 90, 300 kg ha ⁻¹ (103)	21,2 a	64,2 a	15,3 b	0,31 a	114 b	0,9 b	0,53 a	3,6 a
ISN < 94, 300 kg ha ⁻¹ (103)	17,3 b	28,0 b	15,7 b	0,24 b	124 a	1,3 a	0,34 b	1,6 b
ISN < 98, 300 kg ha ⁻¹ (302)	21,3 a	39,4 b	14,7 b	0,31 a	105 b	1,1 b	0,54 a	3,7 a
ISN < 90, 250 kg ha ⁻¹ (103)	18,4 b	34,8 b	14,8 b	0,30 a	109 b	1,5 a	0,46 b	1,8 b
ISN < 90, 250 kg ha ⁻¹ (211)	17,9 b	28,6 b	13,7 b	0,28 a	124 a	1,2 b	0,45 b	1,8 b
ISN < 90, 250 kg ha ⁻¹ (250)	16,9 b	32,1 b	13,8 b	0,29 a	120 a	1,1 b	0,42 b	1,4 b
BT 100, Amiorgan (280)	15,4 b	30,7 b	43,5 a	0,37 a	115 b	1,4 a	0,47 b	2,9 a

Médias seguidas pela mesma letra e número não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

O fósforo variou amplamente, com destaque para o tratamento com ISN < 90% (300 kg ha⁻¹), que apresentou o maior teor (64,2 mg dm⁻³). O maior teor de S foi observado no BT 100 Amiorgan (43,5 mg dm⁻³), valor estatisticamente superior aos demais tratamentos. Entre os tratamentos com ISN, os maiores teores foram registrados no ISN < 90% (300 kg ha⁻¹) com 15,3 mg dm⁻³ e no ISN < 94% (300 kg ha⁻¹) com 15,7 mg dm⁻³. O controle apresentou o menor valor (13,5 mg dm⁻³). Apesar do destaque do Amiorgan como fonte de enxofre, os valores dos tratamentos com ISN estão dentro de faixas satisfatórias para a cultura. Os maiores teores de boro foram observados no BT100 Amiorgan (0,37 mg dm⁻³) e no ISN < 90% (300 kg ha⁻¹) e ISN < 98% (300 kg ha⁻¹), com 0,31 mg dm⁻³. Os menores teores ocorreram no controle (0,23 mg dm⁻³) e na área de referência (0,24 mg dm⁻³). Esses resultados indicam que o fornecimento equilibrado de nitrogênio pode favorecer a disponibilidade de boro no solo.

Embora o ferro (Fe) não tenha apresentado diferença estatística significativa, com teores variando de 94 mg dm⁻³ (controle) a 144 mg dm⁻³ (ISN < 90%, 300 kg ha⁻¹) todos os tratamentos apresentaram teores adequados para a cultura da banana (>100 mg dm⁻³, conforme Boletim 100), exceto o controle. Os maiores teores de Mn foram observados nos tratamentos BT 100 Nitromag (1,6 mg dm⁻³) e ISN < 94% (300 kg ha⁻¹) com 1,4 mg dm⁻³. O zinco (Zn) apresentou os maiores valores no BT100 280 sendo 3,3 mg dm⁻³, ISN < 90% (300 kg ha⁻¹, 3,6 mg dm⁻³) e ISN < 98% (300 kg ha⁻¹, 3,7 mg dm⁻³).

Esses resultados reforçam a eficiência dos tratamentos com ISN, em manter ou elevar os teores de nutrientes essenciais no solo, mesmo com doses reduzidas de nitrogênio em relação ao BT 100 ou área de referência.

Analisando a tabela podemos ver o resultado do diagnóstico foliar, onde os teores de N se diferenciaram significativamente entre os tratamentos (Tabela 7). O tratamento sem aplicação de N (testemunha) apresentou 19,5 g kg⁻¹, um valor abaixo da faixa ideal recomendado para a cultura da banana. Os tratamentos com ISN < 98% (300 kg ha⁻¹) e ISN < 94% (250 kg ha⁻¹) mantiveram teores de N entre 22 e 24,6 g kg⁻¹, dentro da faixa ideal de 22 a 30 g kg⁻¹ (Boletim 100, IAC) (Tabela 7). O fósforo foliar variou entre 1,4 e 1,7 g kg⁻¹, considerado adequado (faixa ideal de 1,5 a 2,0 g kg⁻¹). O potássio apresentou melhores resultados no ISN < 90% (300 kg ha⁻¹) com valores superiores a 34 g kg⁻¹, todos dentro da faixa ideal de 30 a 40 g kg⁻¹. Cálcio (faixa ideal: 5 a 15 g kg⁻¹), magnésio (3 a 5 g kg⁻¹) e enxofre (2 a 4 g kg⁻¹) mantiveram-se dentro dos intervalos recomendados, sem diferenças significativas. O resultado confirma a eficácia do uso do clorofilômetro para estimar o estado nutricional e o manejo da adubação nitrogenada (ARGENTA et al., 2001; RICHARDSON et al., 2002; CARDOSO et al., 2020).

Quanto aos micronutrientes analisados na folha (Tabela 8), só o Zn foi afetado, apresentando teores mais altos nos tratamentos ISN < 94% e ISN < 98% 250 kg ha⁻¹. Essa melhor absorção pode estar ligada ao pH mais próximo do neutro e ao equilíbrio iônico promovido por doses não extravagantes de N (LIU & ZHANG, 2018). O boro, cobre, ferro e manganês também se mantiveram próximos ou dentro das faixas de suficiência descritas no Boletim 100.

Tabela 7. Resumo da análise de variância do teor foliar de macronutrientes em função dos tratamentos

FV	N	P	K	Ca	Mg	S
p-valor	0,001	0,059	0,001	0,213	0,781	0,059
CV, %	5,91	10,39	9,26	14,50	11,77	11,74
Faixas ideias foliares de macronutrientes (BT100)	22 – 30	1,5 – 2,0	30 – 40	5 – 15	3 – 5	2 – 4
	----- g kg ⁻¹ -----					
Tratamentos (N, kg ha ⁻¹)	Médias de cada tratamento					
	----- g kg ⁻¹ -----					
1. Controle (27)	19,5 c	1,7 a	34,8 a	10,7 a	3,8 a	2,3 a
2. Área de referência (442)	24,0 a	1,6 a	33,7 a	10,7 a	4,0 a	2,1 a
3. 350 kg ha ⁻¹ , Nitromag (246)	24,8 a	1,6 a	32,0 a	10,2 a	4,0 a	2,0 a
4. ISN < 90, 300 kg ha ⁻¹ (103)	22,1 b	1,7 a	34,2 a	11,2 a	4,1 a	2,1 a
5. ISN < 94, 300 kg ha ⁻¹ (103)	22,0 b	1,7 a	27,2 b	10,0 a	4,3 a	2,0 a
6. ISN < 98, 300 kg ha ⁻¹ (262)	24,6 a	1,6 a	30,7 b	11,0 a	4,1 a	2,0 a
7. ISN < 90, 250 kg ha ⁻¹ (103)	18,1 c	1,4 b	30,7 b	12,5 a	4,3 a	1,9 a
8. ISN < 94, 250 kg ha ⁻¹ (181)	21,8 b	1,5 b	29,7 b	10,6 a	4,1 a	1,9 a
9. ISN < 98, 250 kg ha ⁻¹ (219)	22,1 b	1,5 b	30,5 b	10,8 a	4,0 a	1,9 a
10. 350 kg ha ⁻¹ , Amiorgan (246)	23,3 a	1,6 a	30,5 b	9,7 a	4,3 a	1,8 a

Médias seguidas pela mesma letra e número não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Tabela 8. Resumo da análise de variância do teor foliar de micronutrientes em função dos tratamentos.

FV	B	Cu	Fe	Mn	Zn
p-valor	0,955	0,555	0,497	0,954	0,009
CV, %	16,64	15,29	20,43	31,95	10,68
Faixas ideias foliares de micronutrientes (BT100)	20 – 20	5 – 10	> 100	100 – 300	20 – 30
	----- mg kg ⁻¹ -----				
Tratamentos (N, kg ha ⁻¹)	Médias de cada tratamento				
	----- mg kg ⁻¹ -----				
1. Controle (27)	26,2 a	7,5 a	96,7 a	120,2 a	22,8 b
2. Área de referência (442)	25,0 a	8,2 a	96,0 a	123,0 a	24,3 b
3. 350 kg ha ⁻¹ , Nitromag (246)	26,6 a	8,3 a	110,0 a	106,3 a	23,3 b
4. ISN < 90, 300 kg ha ⁻¹ (103)	24,3 a	8,7 a	106,0 a	106,3 a	21,8 b
5. ISN < 94, 300 kg ha ⁻¹ (103)	25,0 a	8,0 a	96,8 a	110,7 a	23,3 b
6. ISN < 98, 300 kg ha ⁻¹ (262)	26,2 a	8,2 a	114,0 a	101,3 a	23,5 b
7. ISN < 90, 250 kg ha ⁻¹ (103)	24,0 a	7,5 a	104,3 a	113,0 a	23,8 b
8. ISN < 94, 250 kg ha ⁻¹ (181)	24,2 a	7,2 a	85,0 a	113,7 a	26,8 a
9. ISN < 98, 250 kg ha ⁻¹ (219)	25,0 a	7,8 a	100,1 a	103,2 a	27,2 a
10. 350 kg ha ⁻¹ , Amiorgan (246)	23,7 a	8,5 a	104,3 a	115,7 a	26,8 a

Médias seguidas pela mesma letra e número não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Quanto a severidade da Sigatoka Negra, o controle apresentou os maiores valores em pontuação total baseado na soma do EE em cada avaliação, indicando plantas mais suscetíveis devido à baixa disponibilidade de N (Figura 8). O baixo vigor vegetal contribui para menor resistência e regeneração foliar. A área de referência apresentou uma redução na severidade em relação ao controle, porém, o excesso de N também pode estimular tecidos mais tenros e suscetíveis, possivelmente mantendo um nível intermediário de severidade.

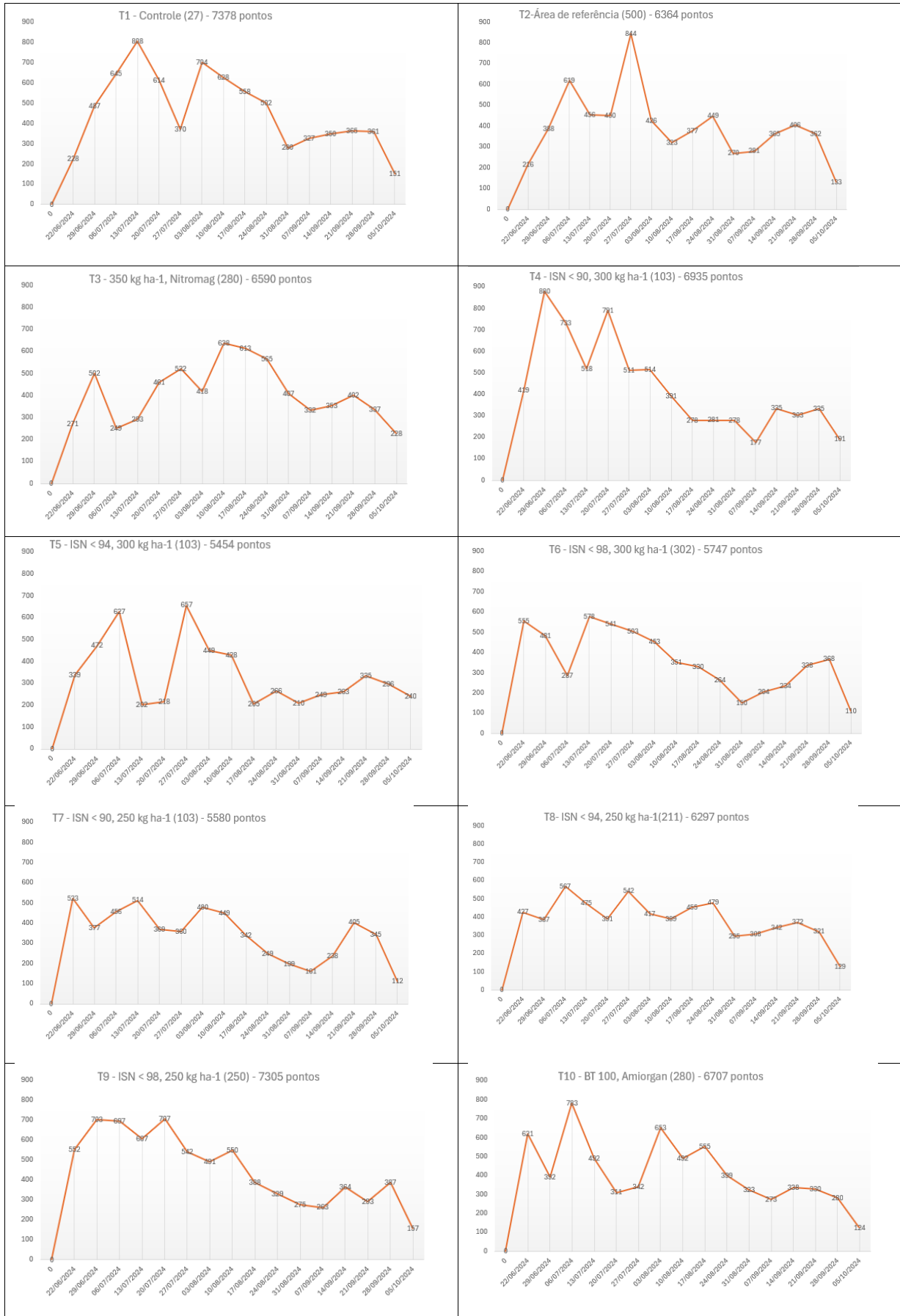


Figura 8. Estado de evolução da severidade da Sigatoka Negra em função dos tratamentos na cultura da banana cv. Grand Naine (Registro, SP, 2023/24).

Os tratamentos guiados por ISN < 90 e ISN < 94, mesmo com doses reduzidas (250–300 kg ha⁻¹ N), apresentaram níveis médios a baixos de severidade. O tratamento ISN < 98, 300 kg ha⁻¹ N teve um dos menores níveis de severidade, sugerindo equilíbrio adequado entre nutrição e sanidade, com fornecimento eficiente de N.

Uma explicação pode ser pela menor emissão de tecidos mais jovens e suscetíveis a infecção, além da melhoria dos mecanismos de defesa ligados ao balanço nutricional (GONÇALVES et al., 2019; PEREIRA et al., 2014).

Quanto à produtividade (Tabela 8), os tratamentos ISN < 98% (300 kg ha⁻¹) e ISN < 94% (211 kg ha⁻¹) apresentaram os maiores pesos dos cachos (17,40 e 17,55 kg) e em peso total de frutos. Esses resultados reforçam o potencial da utilização do ISN como alternativa, demonstrando o potencial de manter alta produtividade com doses reduzidas de N.

O peso dos frutos por cacho e o peso médio dos frutos seguiram a mesma tendência. Calculando a produtividade total estimada com base em 1.600 plantas ha⁻¹, o ISN < 94% alcançou produtividade de 28,1 t ha⁻¹, ISN < 98% alcançou 27,8 t ha⁻¹, superando o BT100 (Nitromag) com 24,2 t ha⁻¹. O diâmetro dos frutos, calculado a partir da circunferência média (11,9 cm), foi de aproximadamente 37,9 mm (> 32 mm para ser considerada de “primeira”), o comprimento dos frutos também apresentou um bom resultado visto que para ser considerado de “primeira” ele precisa apresentar um comprimento > 16 cm, sendo assim estão dentro dos padrões comerciais do CEAGESP para a categoria.

Tabela 8. Resumo da análise de variância das características produtivas em função das doses de N aplicadas cobertura na cultura da banana cv. Grand Naine (Registro, SP, 2023/24).

Fatores de variação	Peso do cacho	Comprimento do fruto	Circunferência do fruto	Número de pencas	Número total de dedos	Peso dos frutos (cacho)	Peso médio do fruto
	p-valor						
Manejo da adubação (M)	0,023	0,565	0,890	0,064	0,099	0,017	0,552
CV, %	16,59	9,06	6,04	10,36	13,45	16,29	12,85
Tratamento (kg ha ⁻¹ N)	Média dos tratamentos						
	kg					kg	kg
Controle (27)	13,96 b	20,41	11,9	6,6 b	101,7	12,84 b	125,9
Área de referência (500)	17,24 a	19,67	11,7	7,8 a	120,4	15,82 a	128,8
BT 100, Nitromag (280)	14,68 b	19,18	11,6	7,5 a	111,2	13,51 b	120,6
ISN < 90%, 300 kg ha ⁻¹ (103)	13,64 b	19,35	11,8	7,1 b	109,8	12,56 b	112,9
ISN < 94%, 300 kg ha ⁻¹ (103)	14,10 b	18,80	11,9	7,1 b	101,5	12,97 b	127,2
ISN < 98%, 300 kg ha ⁻¹ (302)	17,40 a	18,82	12,2	7,5 a	121,7	16,00 a	128,2
ISN < 90%, 250 kg ha ⁻¹ (103)	15,25 b	19,58	11,9	7,7 a	116,5	14,02 b	121,8
ISN < 94%, 250 kg ha ⁻¹ (211)	17,55 a	20,10	12,1	7,5 a	121,8	16,15 a	132,3
ISN < 98%, 250 kg ha ⁻¹ (250)	14,02 b	18,23	11,7	6,8 b	103,4	14,03 b	122,9
BT 100, Amiorgan (280)	17,16 a	19,91	11,9	7,7 a	118,3	15,98 a	133,9

Médias seguidas pela mesma letra e número não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

5. CONCLUSÃO

O uso combinado do clorofilômetro com o Índice de Suficiência de Nitrogênio demonstrou ser uma ferramenta eficaz no manejo da adubação nitrogenada na cultura da banana. Os tratamentos baseados no ISN, com doses de 250 a 300 kg ha⁻¹ de N, especialmente nas faixas < 94% e < 98%, apresentaram produtividade igual ou superior à área de referência, onde foram aplicados 500 kg ha⁻¹ de N. Além disso, esses tratamentos resultaram em melhor qualidade do solo e menor severidade da sigatoka. Essa abordagem possibilita a redução do uso de nitrogênio sem comprometer a produtividade, contribuindo para uma agricultura mais eficiente e sustentável em áreas de bananais na região do Vale do Ribeira.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G. **Resposta do milho a doses e formas de aplicação de nitrogênio no sul do Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 39, n. 7, p. 647-653, 2004.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLON, L. **Relações entre os teores de clorofila na folha e os teores de nitrogênio na planta e produtividade de grãos em milho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 395–403, 2001.

BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G. Nutrição, calagem e adubação. In: CORDEIRO, Z. J. M. (org.). **Banana produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de tecnologia, 2000.

BORGES, A. L. **Recomendação de adubação para a bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2014. 4 p. (Comunicado Técnico, 106).

BRASIL, E. C.; OEIRAS, A. H. L.; MENEZES, A.; VELOSO, C. A. C. **Desenvolvimento e produção de frutos de bananeira em resposta à adubação nitrogenada e potássica**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v: 35, n. 12, p. 2407-2414, 2000.

CARDOSO, C. A. A.; SOUZA, R. A.; PEREIRA, M. G. **Eficiência da adubação nitrogenada em milho utilizando o índice de suficiência de nitrogênio (ISN)**. Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia, v. 7, n. 2, p. 44–52, 2020.

CARPENA, R.M.; RITTER, A.; SOCORRO, A.R.; PEREZ, N. **Nitrogen Evolution and Fate in a Canary Islands (Spain) Sprinkler Fertigated Banana Plot**. Agricultural Water Management. n. 52, p.93-117, 2002.

CASTRO, P.R.C. **Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical**. Piracicaba: ESALQ, DIBD, 2006. 46 p. (Série Produtor Rural, 32).

CEAGESP (Companhia de Armazéns Gerais do Estado de São Paulo). **Normas para Classificação de Frutas**. Disponível em: . Acesso em: 29 abr. 2014.

DANTAS, J. L. L. ; SHEPHERD, K.; SILVA, S. de O.; SOUZA, A. da S.; ALVES, E.

J.;CORDEIRO, Z. J. M.; SOARES FILHO, W. dos S. Citogenética e melhoramento genético. In: ALVES, E. J. (Org.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa SPI, 1999. p. 107-150.

DONG, X., ZHENG, Q., WANG, M., ZHOU, J., SHEN, Q., GUO, S., **Comparative study of ammonium and nitrate on banana wilt disease development**. Acta Phytopathologica Sinica, v. 45, p.73–79, 2015.

EMBRAPA. Embrapa 50 anos. Banana, 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/banana>>. Acesso em: 15 maio 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2011, 230p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, J. A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Planta, 2006.

FAO. **Markets and Trade**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023. Disponível em: <<https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities/bananas/en/>>. Acesso em: 15 maio 2023.

FERREIRA, D. F. (2019). SISVAR: **A computer analysis system to fixed effects split plot type designs**. Revista Brasileira de Biometria, 37(4), 529-535.

FURTADO, E.L.; BUENO, C.J.; OLIVEIRA, A.L. de; MENTEN, J.O.M.; MALAVOLTA, E. **Relações entre ocorrência do Mal-de-Panama em bananeira da cv. Nanicão e nutrientes no solo e nas folhas**. Tropical Plant Pathology, v.34, p.211-215, 2009. DOI: 10.1590/S1982-56762009000400002.

GONÇALVES, J. R. P. et al. **Nutrição mineral e resistência de plantas a doenças**. Revista Ceres, Viçosa, v. 66, n. 6, p. 389–400, 2019.

GROHS, D. S. et al. **Utilização de clorofilômetro para estimar a necessidade de adubação**

nitrogenada suplementar em trigo. *Ciência Rural*, v. 39, n. 5, p. 1499-1505, 2009.

HUBER, D.M., WATSON, R.D., **Nitrogen Form and Plant Disease.** *Annual Review of Phytopathology*, v.12, p.139–165. 1974.

IBGE. **Produção de banana.** Instituto brasileiro de geografia e estatística, 2023. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/banana/br>>. Acesso em: 15 maio 2023.

KESHAVAN, G.; KAVINO, M.; PONNUSWAMI, V., **Influence of different nitrogen sources and levels on yield and quality of banana (Musa spp.).** *Archives of Agronomy and Soil Science*, v.57, 305–315. 2011. <https://doi.org/10.1080/03650340903302286>.

LEDO, A. da S.; JUNIOR, J. F. da S.; LEDO, C. A. da S.; de O. e. **Avaliação de genótipos de bananeira na região do baixo são Francisco**, Sergipe. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticaval-SP, v. 25, n.12, p. 156-159, set 2008

LIU, Y.; ZHANG, F. **Role of organic amendments on zinc bioavailability and distribution in soil–plant system: A review.** *Environmental Pollution*, v. 241, p. 701–710, 2018.

LOPES, E.B.; BRITO, C.H. de; ALBUQUERQUE, I.C. de; OLIVEIRA, A.R.R. de. **Influência de fatores químicos do solo sobre incidência do mal-do-Panamá na bananeira cv. Pacovan na Paraíba.** *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.8, p.100-109, 2008.

LÓPEZ, A.; ESPINOSA, J. **Manual de nutrición y fertilización del banana**, Quito, Equador: INPOFOS, 1995,82p,

MARCONI S. F, FILHO, G C. **Produtor de bananas.** Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, Instituto Centro de Ensino Tecnológico, 2006. 64p.

MENDONÇA, J.C. de; PENTEADO, A.C.; GODOY, L.J.G. de **Nutrição e Adubação da Cultura da Banana no Vale no Ribeira.** In: Workshop sobre Nutrição e Adubação da Cultura da Banana, Pariqueira-Açu, 2006, Anais Pariqueira-Açu: UNESP, POTAFOS, APTA, p. 58-73, 2006.

MERLADETE, A. **Benefícios dos aminoácidos no manejo das bananas**. Revista Cultivar, 2021.

MELO, A. S. DE; SOBRAL, L. S.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; VIÉGAS, P. R. A. **Aspectos técnicos e econômicos da bananeira ‘prata-anã’ sob fertirrigação nos tabuleiros costeiros de Sergipe**. Ciência e Agrotecnologia, v: 34, p.564-571, 2010.

MOREIRA, R.S; **Banana: Teoria e prática de cultivo**. 2 ed. Campinas: Fundação Cargil, 1999. 1 CD-ROM.

NUNES, A. P. A. **Crescimento e produção da bananeira em função das adubações com nitrogênio, fósforo e potássio**. Fortaleza; Universidade Federal do Ceará, UFC, 2009. 51p. (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, E.F. de; BALBINO, L.C. **Efeitos de fontes e doses de nitrogênio aplicados em cobertura nas culturas de trigo, milho e algodão**. Cascavel: OCEPAR, 1995. p.7-39. (OCEPAR. Resultados de Pesquisa, 1)

PBMH & PIF - PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA E PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS. **Normas de classificação de banana**. São Paulo: CEAGESP, 2006. 4p. (Documentos, 29)

PEREIRA, J. C. R. et al. **Adubação nitrogenada e resistência de bananeiras à Sigatoka-negra**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 223–230, 2014.

PRASERTSAK, P.; FRENEY, P.G.; DENMEAD, O.T.; PROVE, B.G. **Fate of Urea Nitrogen Applied to a Banana Crop in the Wet Tropics of Queensland, Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Netherlands, n.59, p. 65-73, 2001.

RICHARDSON, A. D.; DUGAN, S. P.; BERLYN, G. P. **An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content**. New Phytologist, v. 153, n. 1, p. 185–194, 2002.

ROCHA, C. R. T. **Produção da bananeira 'Pacovan' em função da fertilização com NPK**.

Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, UFC, 2006. 46p. (Dissertação de Mestrado).

SCHEPERS, J. S. et al. **Detection of nitrogen status in corn using canopy reflectance.** Agronomy Journal, v. 84, p. 81-87, 1992.

SILVA, S. de O. e; PEREIRA, L.V.; RODRIGUES, M.G.V. **Variedades.** Informe Agropecuário, v.29, n245, p.78-83, 2008.

SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura.** Piracicaba: FEALQ, 1998. 760 p.: il.

SIMMONDS, N.W. **Enfermidades. Barcelona.** Editorial Blume. 1973.

SMICIKLAS, K.D.; BELOW, F.E. **Role of nitrogen form in determining yield of field-grown maize.** Crop Science, v.32, p.1220-1225, 1992.

SOUZA, M. de; GUIMARÃES, P.T.G.; CARVALHO, J.G. de; FRAGOAS, J.C. **Banana Prata Anã.** In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H, (eds.), **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**, Viçosa: Comissão de fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999, p.359.

SOUZA, R. A. de; SILVA, T. R. B. da. **Acidificação de um latossolo vermelho distroferrico em função da aplicação de nitrogênio oriundo da ureia, sulfato de amônio e sulfamo e sulfammo.** Cultivando o Saber, v. 2, n. 3, p. 78-83, 2009.

TEIXEIRA, L.A.J.; SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, P. **Banana** In: RAIJ, B. van et al., (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2.ed, Campinas: IAC, 1997, p.131-132. (Boletim Técnico, 100).

VENTURA, A.J., HINZ, R.H. **Controle das doenças da bananeira.** In: ZAMBOLIM, L, VALE, F.X.R., MONTEIRO, A.J.A., COSTA, H. (Eds.) **Controle de doenças de plantas. Fruteiras.** Vol. 2. Viçosa MG. pp. 839- 938. 2002.

VIEIRA, L. M. **Brasil é o terceiro maior produtor de banana.** Revista Campo e Negócios. Disponível em: www.revistacampoenegocios.com.br. Acessado em 20 de março de 2017.

VIRTANEN, A.I.; LINKOLA, H. **Organic compound as nitrogen nutrition for higher plants.** Nature, London, v. 158, p. 515-516, 1946.

WANG, M., SUN, Y., GU, Z., WANG, R., SUN, G., ZHU, C., GUO, S., SHEN, Q. **Nitrate Protects Cucumber Plants Against *Fusarium oxysporum* by Regulating Citrate Exudation.** Plant and Cell Physiology, v.57, p.2001–2012, 2016.

WIESLER, F. **Comparative assessment of the efficacy of various nitrogen fertilizers.** Journal of Crop Nutrition, v: 1, p. 81-114, 1998.