

**INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CÂMPUS JARAGUÁ DO SUL - CENTRO
CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA**

**FELIPE FAGUNDES HEIDEMANN
FERNANDA CAROLLINI FREDERICO
GABRIELLY OLIVEIRA DE AZEVEDO
MATHEUS WILLIAM WEISS
NICOLAS MURILO WAMZER
PIERRE SEPULCHRO FELIX
PIETRO LOUGON GOETZ FAGUNDES**

Estudo da utilização do silício na proteção foliar da bananeira contra fungos

Jaraguá do Sul
2025

FELIPE FAGUNDES HEIDEMANN
FERNANDA CAROLLINI FREDERICO
GABRIELLY OLIVEIRA DE AZEVEDO
PIERRE SEPULCHRO FELIX
PIETRO LOUGON GOETZ FAGUNDES
NICOLAS MURILO WAMZER
MATHEUS WILLIAM WEISS

Estudo da utilização do silício na proteção foliar da bananeira contra fungos

Projeto de pesquisa científica desenvolvido no contexto do programa Conectando Saberes do Curso Técnico em Química do Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Jaraguá do Sul – Centro

Orientador: Giovani Pakuszewski

Coordenadora de fase: Patricia Akemi Tuzimoto

Jaraguá do Sul
2025

SUMÁRIO

1 TEMA.....	4
2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	4
3 PROBLEMA DE PESQUISA.....	4
4 HIPÓTESES.....	5
5 OBJETIVOS.....	5
5.1 OBJETIVO GERAL.....	5
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
6 JUSTIFICATIVA.....	6
7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	8
7.1 CULTURA DA BANANA.....	8
7.1.1 Cultivo da banana.....	9
7.2 FUNGOS NOCIVOS ÀS BANANEIRAS.....	11
7.2.1 Óleo mineral para a proteção foliar das bananeiras.....	12
7.3 SILÍCIO.....	13
7.3.1 Teor de silício na cavalinha (<i>Equisetum giganteum</i>) e na casca do arroz.....	15
8 METODOLOGIA.....	15
8.1 METODOLOGIA NO CULTIVO.....	16
8.2 METODOLOGIA DA PREPARAÇÃO DA CASCA DO ARROZ.....	17
8.3 METODOLOGIAS PARA EXTRAÇÃO DE SILÍCIO DA CAVALINHA (<i>EQUISETUM GIGANTEUM</i>) E DA CASCA DO ARROZ.....	18
8.3.1 Extração por decocção aquosa.....	18
8.3.2 Extração alcoólica.....	19
8.3.3 Extração por hidrólise alcalina.....	20
8.4 METODOLOGIA DA DETERMINAÇÃO DO SILÍCIO.....	20
9 CRONOGRAMA.....	22
REFERÊNCIAS.....	25
APÊNDICE.....	33

1 TEMA

Utilização de extratos de silício para melhorar a imunidade de cultivares de banana contra fungos foliares.

2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Avaliação da capacidade de absorção do silício e melhora na imunidade foliar da bananeira (*Musa acuminata* Grupo AAA, Subgrupo Cavendish) contra fungos após a aplicação de extratos da casca do arroz, da planta cavalinha e de solução saturada de silicato de potássio.

3 PROBLEMA DE PESQUISA

A região de Jaraguá do Sul possui clima subtropical úmido, favorável para a proliferação de fungos foliares em cultivares de banana, como é o caso da sigatoka negra e amarela. Pesquisas comprovam que o silício pode ser uma forma de proteção das plantas contra pragas foliares em culturas diversas. Os silicatos obtidos da casca do arroz e da planta cavalinha, aplicados em mudas de cultivo de banana aumentam a imunidade e impedem o desenvolvimento desses fungos.

Desta forma, será feita a aplicação foliar e no solo de extratos contendo silicatos, obtidos de duas fontes: casca do arroz (produto agrícola regional), cavalinha (*Equisetum giganteum*) e de solução saturada de silicato de potássio (aditivo químico). Serão realizadas análises periódicas para monitorar a saúde das plantas e determinar os teores de silício presentes nas folhas visando responder nossa questão principal: Os silicatos extraídos tanto da cavalinha quanto da casca de arroz são opções viáveis para utilização como protetor foliar nas bananeiras contra fungos?

4 HIPÓTESES

- A forma mais eficiente de aplicação do silicato na bananeira é sobre as folhas e bainha foliar;
- A aplicação do silicato no solo possibilita a incorporação mais eficiente e rápida do elemento nas folhas;
- Os extratos da casca de arroz e da planta cavalinha são uma alternativa aos agrotóxicos na proteção fúngica dos bananais;
- O silicato presente no extrato da cavalinha é mais biodisponível que o silicato presente na casca de arroz, favorecendo a absorção pela planta;

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GERAL

O projeto de pesquisa propõem aplicações de extratos contendo silicatos (obtidos da casca de arroz e da planta cavalinha) e de solução saturada de silicato de potássio em mudas de bananeira para avaliar o efeito protetivo contra a proliferação de fungos, principalmente a sigatoka-negra e sigatoka amarela, que se desenvolvem em climas subtropicais úmidos, como é o caso da região de Jaraguá do Sul - SC.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Extrair silicatos da casca do arroz e da planta cavalinha;
- Avaliar a eficiência de extração dos silicatos em duas fontes naturais: casca de arroz e folhas da planta cavalinha;

- Plantar mudas selecionadas da banana caturra;
- Aplicar os extratos e solução de silicato de potássio nas folhas e no solo;
- Realizar análises periódicas para verificação dos teores de silício nas folhas;
- Acompanhar e registrar o desenvolvimento das plantas;
- Comparar a capacidade de absorção do silício pelas bananeiras após aplicação dos extratos via foliar e no solo.

6 JUSTIFICATIVA

O cultivo da banana encontra seu desenvolvimento ideal em torno dos 28 °C, com limites críticos entre 15°C e 35 °C; abaixo da mínima, a planta sofre com o *chilling*, um distúrbio que interrompe o amadurecimento e danifica os tecidos, ao passo que temperaturas acima da máxima causam a desidratação foliar (Embrapa, 2021). Considerando que a variação térmica em Jaraguá do Sul oscila entre 13°C a 29°C, a região é classificada como apta para a produção dessa cultura (Weather Spark, 2017). No entanto, o relevo predominante em Jaraguá do Sul, é composto por encostas e morros, o que dificulta a logística de colheita, exigindo que seja realizada de forma manual.

Para proteger as lavouras contra pragas, doenças e ervas daninhas, utilizam-se os defensivos agrícolas, produtos sintéticos que atuam conforme sua composição química: os inseticidas afetam o sistema nervoso ou o ciclo biológico de insetos, os herbicidas eliminam plantas invasoras interferindo em processos vitais como a fotossíntese (ANTUNES, 2018; SOUSA, [s.d.]; TSUKADA, [s.d.]; LIMA, 2024). No contexto da bananicultura, destacam-se os fungicidas, que combatem fungos ao desestruturarem seu metabolismo e sua organização celular (HENNING, 1997). Apesar da sua eficácia, os agrotóxicos contaminam o meio ambiente - poluindo solo e corpos hídricos - e os seres vivos desses ecossistemas. Se não bastasse isso, tanto os trabalhadores agrícolas quanto os consumidores, são contaminados com as toxicidades. Já segundo a Organização Internacional do

Trabalho (OIT), ocorrem por ano, 70 mil intoxicações agudas e crônicas que podem evoluir à óbito, já segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), por ano, ocorrem 20 mil mortes por conta dos agrotóxicos. A tabela presente no apêndice 1, apresenta a classificação dos agrotóxicos realizada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

Busca-se uma agricultura mais segura e sustentável por meio do uso do silício (Si) como substituto promissor aos agrotóxicos tradicionais, iniciativa reforçada pelo Dr. Jorge Barcelos (UFSC/LabHidro), que sugere o silicato para a proteção foliar contra fungos em substituição aos componentes químicos nocivos. A partir disso, construímos uma tabela (vide apêndice 2) que apresenta as principais informações fornecidas pelo professor sobre a troca de malefícios dos agrotóxicos por novos benefícios trazidos pelos silicatos. Vale a ressalva de que o grupo realizou uma entrevista com o professor Barcelos; dito isso, as informações fornecidas pelo Dr., foram obtidas desta entrevista.

Considerando que as pragas foliares são um dos maiores desafios na bananicultura, a transição para silicatos visa reduzir os danos ao solo, à água e aos frutos, conforme destaca a pesquisa de Fábio Olivieri de Nobile (UNIFEB), que enfatiza a eficácia do silício como um agente protetivo econômico e sustentável contra pragas, cujos benefícios superam a agressividade dos agroquímicos convencionais:

- **Maior resistência natural:** O silício atua como um substituto natural e eficiente aos agrotóxicos ao formar uma barreira física rígida nas células da epiderme das folhas e caules da bananeira, aumentando a resistência mecânica da planta e impede tanto a penetração de fungos patogênicos quanto a alimentação de insetos sugadores e mastigadores, como lagartas e ácaros (Jorge Barcelos, UFSC). Além disso, a deposição desse mineral reduz a perda de água por transpiração, favorecendo a regulação térmica e a eficiência na absorção de nutrientes pela planta (Fábio Nobile, UNIFEB).
- **Estimula a produção de bioquímicos defensores:** Os silicatos estimulam a produção de substâncias como fenóis, lignina e enzimas antioxidantes que atuam diretamente como defensivos de agentes patogênicos e doenças foliares, garantindo um maior equilíbrio nutricional e melhor produtividade.

- Correção da acidez do solo: O silicato favorece uma melhor absorção de nutrientes presentes no solo pela bananeira, promovendo um ambiente menos propício ao surgimento e desenvolvimento de pragas nocivas, contribuindo diretamente com o crescimento, produção e vigor da planta.

As soluções à base de silício representam uma transição viável para uma agricultura livre de agrotóxicos, pois promovem o suporte defensivo por meio de mecanismos biológicos e físicos intrinsecamente seguros e sustentáveis. Diante desse cenário, fontes naturais como a casca de arroz e da cavalinha, que possuem elevado teor de silício em sua composição segundo o professor Barcelos.

A produção de arroz no norte de Santa Catarina é expressiva, atingindo 291 mil toneladas em 2024, o que indica uma abundância proporcional de casca de arroz como subproduto regional (Epagri, 2025). Esse material possui múltiplas aplicações, de forma natural, desde cobertura de solo e dietas animais, ou torrado como substrato agrícola, destacando-se por seu elevado teor de silício, o que favorece seu uso em pesquisas agrônomicas locais. A adoção dessa prática agroecológica contrasta com a liberação contínua de novos agrotóxicos que, segundo Lima *et al.* (2024), frequentemente priorizam o lucro sobre a segurança alimentar e ambiental, enquanto alternativas sustentáveis garantem a nutrição e proteção da planta sem comprometer a saúde ou o ecossistema.

7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

7.1 CULTURA DA BANANA

A bananeira é uma planta monocotiledônea¹, herbácea e apresenta caule subterrâneo; seu pseudocaule é construído de bainhas foliares e no seu topo uma copa de extensas folhas, compostas por um pseudopecíolos, nervura, limbo foliar e bainhas foliares largas (Borges, 2012).

¹ Monocotiledôneas são plantas angiospermas que contêm um cotilédones, apenas, que são as suas folhas embrionárias modificadas.

A folha da bananeira pode ser utilizada como bioindicador do seu estado nutricional, pois ela retrata melhor o processo fisiológico mais importante da planta, a fotossíntese, que acontece nas folhas. O diagnóstico foliar associado às análises do solo fornecem subsídios para o planejamento de adubação e fertilização do bananal (Borges, 2012; Diorio, 2012 *apud* Oliveira e Takamatsu 2004).

No diagnóstico foliar compara-se a concentração dos nutrientes nas folhas com valores padrões, que são específicos para determinada cultura. O padrão para as diferentes culturas de bananeiras não é universal, assim sendo necessário adaptações desses padrões, com base no ambiente em que a bananeira foi plantada (Diorio, 2012).

Segundo Diorio (2012 *apud* Martiz, Carvalho e Souza) o diagnóstico foliar é realizado seguindo três etapas, sendo elas: a normatização e o preparo das amostras e análise química do material vegetal; em seguida, padrões de referência comparativos devem ser observados; por último, a interpretação dos resultados obtidos.

7.1.1 Cultivo da banana

Para garantir um cultivo sustentável de bananas, é fundamental realizar uma análise prévia e abrangente do local de plantio. Essa avaliação inicial deve considerar fatores como o ambiente, o solo e a qualidade das mudas, verificando se as condições são propícias para uma produção positiva.

No processo de escolha do terreno, a bananeira tem preferências específicas para se desenvolver bem. O ideal é optar por terrenos planos ou suavemente ondulados, que possuam profundidade mínima de 1 metro. O solo deve ser rico em matéria orgânica, apresentar boa drenagem (para evitar acúmulo de água que prejudica as raízes) e, ao mesmo tempo, ter capacidade de reter a umidade necessária. Continuamente, para o sucesso do plantio, deve-se evitar terrenos excessivamente argilosos, que ficam encharcados, e terrenos muito arenosos, que secam rapidamente e não retêm nutrientes.

O preparo do solo, por sua vez, deve ser definido após uma análise de múltiplos fatores, como a vegetação local, possíveis lavouras antigas, características edáficas e a viabilidade financeira. A partir disso, determina-se e executa-se as etapas necessárias. A correção do solo (calagem) é uma delas: com base na análise, deve-se aplicar calcário dolomítico para corrigir o pH do solo para a faixa ideal (entre 5,5 a 6,5) e fornecer cálcio e magnésio. O processo de aplicação da adubação de cobertura em plantas jovens deve seguir um padrão circular, mantendo uma faixa de 10 a 20 cm de largura e um afastamento de 20 a 40 cm da muda (conforme ilustrado na figura presente no apêndice 3).

O sucesso do bananal depende do uso de mudas de alta qualidade genética, que sejam livres de pragas e doenças. Embora a maioria dos plantios ainda utilize mudas provenientes de plantios já existentes, o produtor deve dar preferência para materiais de viveiros certificados.

As mudas ideais são do tipo "chifrão", que medem entre 60 a 150 cm de altura e pesam cerca de 2,5 kg após o preparo; ou seja, depois da eliminação das raízes e da parte aérea, deixando-se apenas 20 cm do pseudocaule. Alternativamente, as mudas tipo "chifre" e "chifrinho" são opções viáveis (vide apêndice 4). Outra possibilidade são as mudas micropropagadas (provenientes de cultura de tecidos), que oferecem qualidade genética superior, porém apresentam um custo de aquisição mais elevado.

A retirada de mudas do próprio bananal existente só deve ser considerada uma opção desde que sejam seguidas condições rigorosas para evitar a disseminação de problemas: o bananal de origem deve estar totalmente livre de pragas e doenças; o rizoma (estrutura subterrânea) de onde a muda será retirada não deve ter mais de três anos de idade; não se deve retirar mais de uma muda por touceira; a retirada da muda deve ocorrer apenas após a colheita da planta mãe; e a muda retirada deve estar localizada no lado oposto ao "filho" (rebrotas) que já foi selecionado para dar continuidade ao bananal.

Finalmente, todas as mudas retiradas devem ser limpas na própria área de origem, cortando-se todas as raízes e partes estragadas, e retirando toda a terra até que o rizoma fique inteiramente branco. Dito isso, vale ressaltar que o plantio deve

ser realizado em linha, seguindo rigorosamente o espaçamento recomendado para a variedade escolhida. A figura presente no apêndice 5, apresenta as distâncias indicadas.

Em solos muito argilosos, o plantio deve ser evitado no início das chuvas (abril e maio), sendo idealmente realizado do meio para o fim da estação (julho e agosto). Para isso, devem-se abrir covas de 30 x 30 x 30 cm ou 40 x 40 x 40 cm (vide apêndice 6).

Vale também ressaltar a importância da irrigação, mas também o fator crítico que a acompanha. A irrigação na produção de bananas exige um equilíbrio delicado, já que, embora a bananeira seja notoriamente sensível à deficiência hídrica (necessitando de irrigação sempre que a precipitação mensal for inferior a 100 a 150 mm), a gestão da água deve ser criteriosa. A relevância de um manejo preciso reside no fato de que a umidade excessiva e constante no solo ou nas folhas se torna um ambiente propício para a proliferação de fungos e doenças, o que pode comprometer toda a lavoura. Portanto, o produtor deve aplicar a quantidade de água necessária sem exageros, variando o volume de 13 a 55 litros por planta por dia, ajustando essa medida de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura e a época do ano, garantindo assim a saúde e a produtividade do bananal.

7.2 FUNGOS NOCIVOS ÀS BANANEIRAS

Fungos são organismos microscópicos que se alimentam de matéria orgânica e podem causar doenças nas plantas, aparecendo como manchas, podridão e murchamento. O estresse causado por fungos afeta a planta diretamente nos tecidos, apresentando dificuldade na germinação e na planta conseguir se desenvolver adequadamente, um crescimento atrofiado e redução da produtividade (BÔAS *et al*, 2006. CORDEIRO; MATOS; FILHO, 2021. DIAS, 2025. SVRCEK, 2025. GARCIA, 1999).

A sigatoka negra é uma doença foliar devastadora para as bananeiras, causada pelo fungo *Mycosphaerella fijiensis* (*Pseudocercospora fijiensis* na forma

anamórfica). Ela se manifesta por meio de pequenos pontos pretos entre as nervuras das folhas, que se unem e formam grandes áreas necróticas, prejudicando e reduzindo a capacidade fotossintética da planta, o que leva à diminuição do tamanho e do número de cachos, maturação precoce e piora na qualidade dos frutos. O fungo se espalha pelo ar por meio de esporos, facilitando sua rápida disseminação (BÔAS *et al*, 2006. CORDEIRO; MATOS; FILHO, 2021. DIAS, 2025. SVRCEK, 2025. GARCIA, 1999).

A sigatoka-amarela é uma doença fúngica que também afeta as folhas das bananeiras, causada pelo fungo *Mycosphaerella musicola*. Inicialmente se manifesta por pontos ou risco de descoloração amarelada entre as nervuras das folhas. Depois as manchas se alongam e ficam mais escuras. Por fim, as manchas se tornam necróticas, elípticas, com centro acinzentado e um halo amarelo proeminente ao redor que se alastra pelas nervuras (BÔAS *et al*, 2006. CORDEIRO; MATOS; FILHO, 2021. DIAS, 2025. SVRCEK, 2025. GARCIA, 1999).

7.2.1 Óleo mineral para a proteção foliar das bananeiras

O óleo mineral agrícola é um produto derivado do petróleo, composto principalmente por hidrocarbonetos parafínicos, utilizando na cultura da banana como fungicida e, mais frequentemente, como adjuvante para potencializar a ação de outros fungicidas no controle de doenças, pragas e fungos, como a sigatoka negra e amarela.

Quando aplicado como fungicida diretamente, ele cria uma película na superfície das folhas, inibindo a germinação dos esporos e obstruindo os processos respiratórios do fungo, além de retardar o crescimento. Já quando usado como potencializador, ele ajuda a espalhar o fungicida permitindo um melhor cobertura (sendo que suas características auxiliam na resistência contra a lavagem feita pelas chuvas), facilita a penetração do ingrediente ativo do fungicida e reduz o risco de desenvolvimento de resistência por parte dos fungos.

Entretanto, o uso desse produto apresenta diversos riscos e malefícios que precisam ser considerados. Para a saúde dos frutos e do cultivo, o óleo pode ser

fitotóxico, ou seja, prejudicial à planta, causando danos visuais às folhas, comprometendo a saúde geral do bananal e, em alguns casos, atrasando a floração e diminuindo o peso final do cacho. Além disso, o descarte incorreto impacta negativamente o meio ambiente, contaminando o solo e recursos hídricos. Por fim, há riscos para a saúde humana, pois a inalação da névoa do óleo mineral pode irritar o trato respiratório dos trabalhadores rurais, causando tosse e falta de ar (ISRAELENSE; SHABI; SLABAUGH, 1993).

7.3 SILÍCIO

O silício (Si) é um elemento químico encontrado na forma de rochas e areia, sendo o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre. Sendo sólido à temperatura ambiente e encontrado em formas cristalinas (cinza azulado com brilho metálico) ou amorfa (pó marrom).

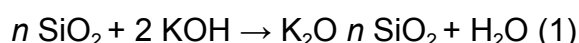
O silício também é muito benéfico nutricionalmente para as plantas na agricultura, provendo diversos aproveitamentos. Sua principal função é a defesa contra pragas e doenças, pois o acúmulo de silício nas paredes celulares cria uma barreira física que dificulta o ataque de insetos, nematóides e fungos. Além disso, o elemento melhora a resistência a estresses abióticos, aumentando a tolerância da planta a condições como seca, salinidade e geada, e reduzindo a toxicidade por metais pesados. Ele também auxilia na nutrição e fotossíntese, melhorando a absorção de nutrientes e a eficiência fotossintética. A combinação desses fatores resulta em um aumento da produtividade, com plantas mais fortes e saudáveis. Consequentemente, a necessidade de aplicação de defensivos agrícolas pode ser reduzida, tornando a produção mais sustentável. (MENEGALE; CASTRO; MANCUSO (2015) – Embrapa).

Além disso, em um cultivo onde o silício é aplicado, os frutos absorvem e carregam o elemento, que será assimilado pelo organismo ao serem ingeridos. Dito isso, vale ressaltar a importância do silício na saúde do ser humano, o qual aumenta a resistência da pele e auxilia na cicatrização, ajuda na prevenção da osteoporose,

mantém a elasticidade das artérias, contribuindo para a prevenção da aterosclerose e melhorando o fluxo sanguíneo.

O silicato de potássio é um dos tipos de fertilizantes agrícolas que podemos encontrar fontes ricas de silício, promovendo todos os benefícios já ditos sobre o silício. Quanto à contribuição de potássio, deve-se avaliar a situação do solo e objetivos futuros. Se o solo estiver com uma quantidade adequada de potássio, pode-se usar o silicato para fazer a manutenção do potássio a longo prazo, aproveitando o seu efeito residual. Já em áreas onde existe uma necessidade imediata de potássio, este fertilizante não é ideal pois não possui efeito imediato. (MACHADO, s.d.).

Nisso, temos duas formas de usá-lo: a primeira como fertilizante de solo, onde é aplicado na mistura do substrato, sendo incorporado na mistura durante o preparo do canteiro. Já a segunda forma é como fertilizante foliar, o qual deve ser diluído em água e pulverizar de modo que cubra toda a superfície. Na segunda forma tem alguns pontos a serem considerados; a aplicação deve ser feita em temperaturas baixas, pouco vento e quando a umidade relativa do ar estiver alta (início da manhã). O silicato de potássio pode ser sintetizado em laboratório a partir da reação, conforme apresentado na equação 1.



Essas soluções são alcalinas; a adição de ácido causa a reformulação do silício. A fórmula mais comum para o silicato de potássio é K_2SiO_3 , as amostras contêm quantidades de água variadas. São sólidos brancos ou soluções incolores.

7.3.1 Teor de silício na cavalinha (*Equisetum giganteum*) e na casca do arroz

Durante a pesquisa de estudos feitos sobre silício na planta cavalinha, só conseguimos encontrar dados da *Equisetum arvense*; mas foi perante ao fato da espécie *Equisetum giganteum* ser muito mais presente na nossa região que decidimos que seria com essa espécie que usaríamos em nosso projeto.

A planta *Equisetum giganteum*, conhecida também como cavalinha, é famosa por seu alto teor de silício presente nas suas paredes celulares, se localizando prioritariamente nas camadas mais externas dos caules e ramos. O silicato pode chegar a representar até 25% do peso seco da cavalinha (*Equisetum arvense*), segundo as pesquisas de Labun, Pavol, Grulova, Salamon e Šeršeň (2013). Nesse cenário, acredita-se que a presença de silício na *Equisetum giganteum* seria similar ao da outra espécie.

Segundo Foletto *et al* (2005), a cinza da casca de arroz, após o processo de queima, possui um alto teor de silício (>92%), sendo que, num processo de queima convencional o peso de carbono na cinza da casca de arroz pode ser até de 15%, onde que, caso o aquecimento fosse feito com a finalidade de eliminar tal carbono residual, poderíamos em situações ideais obter “aproximadamente 95% de silício puro...”.(FOLLETO, 2005).

8 METODOLOGIA

O estudo sobre a utilização de silício para proteção foliar da bananeira contra a ação de fungos será realizado em várias etapas, elencadas a seguir:

- Obtenção das mudas de banana caturra;
- Preparo do substrato;
- Plantio das mudas;
- Extração dos silicatos da casca do arroz e da planta cavalinha (*Equisetum giganteum*);
- Quantificação dos teores de silicatos nos extratos;
- Aplicação dos extratos de silicatos nas plantas;
- Monitoramento e registro do desenvolvimento das plantas;
- Coleta e digestão ácida de folhas;

- Análise do teor de silício nos extratos por espectrofotometria.

Na sequência, cada etapa está apresentada com os procedimentos envolvidos.

8.1 METODOLOGIA NO CULTIVO

A metodologia de cultivo será baseada no manual da EMBRAPA, com as devidas adaptações para o estudo em microescala, com plantio de uma muda para controle, três mudas com aplicação foliar dos extratos contendo os silicatos extraídos da casca do arroz, da cavalinha, solução saturada de silicato de potássio e três mudas com aplicação dos extratos e solução saturada no solo de cultivo. A sequência de procedimentos previstos no manual está descrita abaixo:

- Preparar a terra do vaso de acordo com as melhores condições para o cultivo;
- Retirar 15 a 20 subamostras por área homogênea (nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm); misture e forme uma amostra composta para cada profundidade e encaminhe para o laboratório, com antecedência de 60 dias do plantio;
- Se o terreno estiver ácido, aplique calcário (eleva o teor de cálcio e magnésio). Se o terreno estiver básico (alumínio baixo, pH, cálcio e magnésio elevado), dispensa a aplicação do calcário;
- Após um mês do plantio, aplicar nitrogênio;
- Após três meses do plantio, aplicar potássio;
- Realizar constantemente os cuidados necessitados pelo cultivo (irrigação, desfolhamento, escoramento, *etc.*);
- Analisar a terra e fazer o tratamento quando necessário toda vez após a coleta;
- Aplicar os extratos diariamente;

- Coletadas amostras de folhas num período quinzenal para análise dos teores de silício.

8.2 METODOLOGIA DA PREPARAÇÃO DA CASCA DO ARROZ

A casca de arroz deverá ser preparada para em seguida passar pelos processos de extração proposto a seguir. A metodologia de preparo será adaptada do método proposto por Kalapathy, Proctor e Schultz (2000, p. 257-262), publicado inicialmente na Universidade do Arkansas, segundo a qual será realizada a lavagem e descontaminação das cascas. Na sequência, serão realizados ensaios de extração similares aos propostos para extração de silicato da planta cavalinha, conforme proposto por Welisson Martins Rocha (2022), autor original dos métodos de extração de silicato da cavalinha (*Equisetum hyemale*), publicado inicialmente na Universidade de Uberaba (Uniube), para obter os extratos que serão aplicados nas mudas de bananeira. A sequência de procedimentos está descrita a seguir:

- Obter a amostra da casca de arroz;
- Lavar em água para remoção de impurezas solúveis;
- Secar ao ar ou em estufa;
- Triturar e padronizar o tamanho da partícula numa peneira granulométrica
- Imergir a casca de arroz triturada em solução ácida de HCl 6 M e 1 M, por uma a duas horas em fervura sob refluxo;
- Após o tratamento, filtrar e lavar diversas vezes com água destilada para neutralizar o pH.

8.3 METODOLOGIAS PARA EXTRAÇÃO DE SILÍCIO DA CAVALINHA (*EQUISETUM GIGANTEUM*) E DA CASCA DO ARROZ

As metodologias utilizadas para obtenção dos extratos de silicato, tanto da casca do arroz como da planta cavalinha, foram baseados nas propostas por

Kalapathy *et al.* (2000, p. 257-262) e Rocha (2022). Com adaptações para melhor funcionamento nos casos específicos de nossa pesquisa. Será feito um teste estatístico nas três metodologias e, determinando os teores de silicato obtidos nos extratos, escolheremos a metodologia que apresenta o melhor rendimento para seguir com nossa análise.

8.3.1 Extração por decocção aquosa

A metodologia por decocção aquosa foi incluída por ser de fácil realização e acessibilidade, sendo similar a produção de um chá por infusão das plantas e sendo facilmente realizada em ambientes domésticos, mesmo sem um embasamento científico definido em relação ao seu rendimento. A única pesquisa encontrada foi a de Monteiro *et al.* (2014), apresentando uma prática semelhante no preparo do extrato com a cavalinha, mas com objetivos de pesquisa distintos. Embora utilizado originalmente na pesquisa a espécie *Equisetum arvense*, o nosso projeto irá adaptar a extração para a *Equisetum giganteum*. A sequência de procedimentos está apresentada abaixo:

- Coletar a cavalinha verde;
- Lavar a amostra com água corrente a fim de remover impurezas não desejadas;
- Secar em ambiente ventilado ou em estufa;
- Triturar a amostra já seca e padronizar o tamanho da partícula em uma peneira granulométrica;
- Colocar 25g de material triturado em um béquer com 350 mL de água deionizada, sob agitação por 7 horas sobre a chapa de aquecimento a 50°C;
- Após o tempo, aguardar esfriar e coe com o auxílio de um filtro para obter o chá rico em silício;

Após os procedimentos de extração, uma alíquota do extrato será encaminhada para análise do teor total de silício por espectrofotometria.

8.3.2 Extração alcoólica

A metodologia por extração alcoólica baseia-se na pesquisa de Rocha (2022), que entre as diversas variações testadas pelo autor, optou-se pela variação experimental que apresentou o maior rendimento entre as demais. Embora o artigo tenha utilizado a espécie *Equisetum hyemale*, iremos adaptá-la para empregar a espécie *Equisetum giganteum*, o que pode influenciar no rendimento obtido. As proporções utilizadas na extração alcoólica por Rocha (2022), foram de 20 g de cavalinha seca e 100 mL de álcool etílico com teor de 99,8%, gerando um rendimento de 0,6% de silício em relação à massa seca da cavalinha. Para realização do procedimento, necessita-se seguir os passos apresentados abaixo:

- Coletar a cavalinha verde;
- Lavar a amostra com água corrente a fim de remover impurezas não desejadas;
- Secar em ambiente ventilado;
- Triturar a amostra já seca e padronizar as partículas em uma peneira granulométrica;
- Pesar 20 g de massa seca de cavalinha;
- Pegar um suporte universal com garra, uma manta aquecedora e colocar dentro um balão de fundo redondo de três bocas, ligando a ele um condensador Allihn com duas juntas e o prendendo na garra;
- Injetar a amostra triturada da cavalinha juntamente com uma barra magnética de agitação e 100 mL álcool etílico (C_2H_5OH) com teor de 99,8% e deixar a reação ocorrendo por 15 minutos de agitação e 50 graus Celsius;
- Após o procedimento, realizar o método de filtração a vácuo com um funil de Buchner.

Após os procedimentos de extração supracitados, será determinada a concentração total de silício por espectrofotometria.

8.3.3 Extração por hidrólise alcalina

A terceira metodologia, proposta por Rocha (2022), utiliza uma extração com hidrólise alcalina do silicato de potássio presente na planta cavalinha e na casca do arroz. Entre as várias condições apresentadas pelo autor, optou-se pela combinação com maior rendimento, apresentando um valor de 4,3% de silício em relação a massa seca da cavalinha, utilizando 10 g de massa seca e 100 mL de solução KOH 4% conforme procedimentos descritos abaixo:

- Obter 10 g de cavalinha triturada e já seca;
- Preparar uma solução de 90 mL de solução KOH com um teor de 4,8% em um Erlenmeyer de 500 mL e fechando sua entrada com algodão;
- Realizar a extração alcalina em uma autoclave a uma pressão de 1,21 kgf cm⁻² por duas horas;
- Retirar o produto da autoclave e separar a parte sólida da líquida por uma filtração a vácuo com o uso de uma bomba de vácuo.

Após a obtenção do extrato, uma alíquota será encaminhada para determinar a concentração total de silício por espectrofotometria.

8.4 METODOLOGIA DA DETERMINAÇÃO DO SILÍCIO

A coleta das amostras foliares será realizada quinzenalmente e as determinações dos teores de silício serão realizadas seguindo a metodologia adaptada da pesquisa de Filho *et al.* (2019), que trata sobre a determinação de silício em tecido vegetal com abertura das amostras em digestor com aquecimento

por micro-ondas, cujo método espectrofotométrico é simples e prático para realizar, conforme descrito a seguir:

- Pesar uma porção conhecida da amostra seca e moída (por exemplo, 0,1 a 0,5 g) em tubos de digestão apropriados;
- Adicione 2 mL de HCl 50% conforme o método recomendado pela Embrapa;
- Peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 30% será adicionado para auxiliar na oxidação da matéria orgânica;
- Colocar os tubos em um sistema de digestão (bloco digestor);
- Ajustar o programa conforme o protocolo (tempo e temperatura controlados);
- Esperar o resfriamento completo após o ciclo;
- Após resfriar, transferir o extrato para um frasco volumétrico;
- Completar o volume com água deionizada;
- Preparar uma solução de molibdato de amônio $[(NH_4)_6Mo_7O_{24}]$ em meio ácido (HCl). Essa solução reage com o silício para formar o complexo amarelo;
- Em um tubo de ensaio colocar a amostra digerida e o reagente;
- Medir a absorbância da solução amarela em espectrofotômetro, geralmente a um comprimento de onda de 410 nm;
- Preparar soluções padrão de calibração de silício a partir de solução de referência e construir uma curva de calibração;
- Fazer a leitura da absorbância da solução problema em comprimento de onda de 410 nm;
- A partir da curva de calibração, determinar a concentração de silício na amostra.

9 CRONOGRAMA

As etapas propostas para a execução do projeto, nos semestres de 2026-1 e 2026-2 estão apresentadas nos Quadros 1 e 2 e estão sujeitas a modificações no decorrer do processo, de acordo com as necessidades impostas pelos resultados e dificuldades encontradas, mas é um planejamento inicial norteador importante.

Quadro 1: Cronograma 2026.1

Atividades	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.
Obtenção das mudas de banana caturra	X					
Preparo da terra	X	X				
Análise do solo (antes do plantio) e monitoramento semanal do pH	X	X	X	X	X	X
Tratamento do solo	X	X				
Plantio das mudas (em vasos)		X				
Aplicação de nitrogênio			X			
Aplicação de potássio					X	
Extração dos silicatos da casca do arroz e da planta cavalinha	X	X				
Quantificação dos teores de silicatos nos extratos		X	X			

Aplicação dos extratos de silicatos nas plantas (sempre que necessário, de acordo com as orientações do orientador)		X	X	X	X	X
Coleta de folhas das e análise dos teores de silício					X	X
Tratamento dos dados					X	X
Escrita do relatório parcial	X	X	X	X	X	X
Conversa com a banca						X

Fonte: Autoria própria

Quadro 2: Cronograma 2026.2 **Fonte:** Autoria própria

Atividades	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Análise do solo (acompanhamento constante)	X	X	X	X	X	X
Tratamento do solo (sempre que necessário, de acordo com as orientações do orientador)	X	X	X	X	X	X
Aplicação dos extratos de silicatos nas plantas (sempre que necessário, de acordo com as orientações do orientador)	X	X	X	X	X	X
Coleta de folhas e análise dos teores de silício	X	X	X	X	X	X
Tratamento dos dados	X	X	X	X	X	X

Escrita do artigo científico	X	X	X	X	X	X
Apresentação do artigo						X

Fonte: Autoria própria

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Juliano de Almeida; JARDIM, Isabel Cristina Sales Fontes; QUEIROZ, Sonia Claudia do Nascimento de. Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global - um enfoque às maçãs. **Química Nova**, v. 32. n. 996-1012, 2009. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/qn/a/j5MZFXpYTWKhQ3GjjgKpW6h/?format=html&lang=pt#:~:text=Isso%20pode%20apresentar%2C%20consequentemente%2C%20riscos,de%20trabalhadores%20e%20produtores%20rurais>>. Acesso em: 20 out. 2025

ANTUNES, Joseani M. Mistura de agrotóxicos é tema em evento de plantas daninhas. Embrapa, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/33770720/mistura-de-agrotoxicos-e-tema-em-evento-de-plantas-daninhas#:~:text=%E2%80%9CTemos%20recebido%20diversas%20amostras%20de%20lavouras%20de,at%C3%A9%20a%20morte%20das%20plantas%E2%80%9D%2C%20avalia%20Vargas>>. Acesso em: 09 nov. 2025.

ALAGO, Iride. Óleo mineral pode gerar insalubridade e aposentadoria especial? CHEMICAL RISK, 2024. Disponível em: <<https://www.chemicalrisk.com.br/oleo-mineral/#:~:text=A%20inala%C3%A7%C3%A3o%20de%20n%C3%A9voa%20ou,ar%20ou%20irrita%C3%A7%C3%A3o%20na%20garganta>>. Acesso em: 08 nov. 2025.

AREAS, Patricia de Oliveira; LIMA, Felipe Borborema C.; LORENA, Giseli de. **Indicações Geográficas e Produtos Tradicionais: Denominação de origem “banana mais doce do Brasil” na região de Corupá: patrimônio cultural e impactos sociais.** Joinville SC: UNIVILLE, 2018. Disponível em: <https://www.univille.edu.br/community/novoportal/VirtualDisk.html/downloadDirect/1673251/Indicacao-geografica2018.pdf#page=19>. Acesso em: 11 nov. 2025

BARCELLOS, Tatiza. Adubação com Silício: O Guia para Proteger e Fortalecer Sua Lavoura. aegro, 2021. Disponível em: <<https://aegro.com.br/blog/adubacao-com-silicio/#:~:text=Como%20o%20sil%C3%A%C3%A7%C3%A3o%20melhora%20a,o%20pot%C3%A1ssio%20na%20%C3%A1rea%20certa>>. Acesso em: 20 out. 2025.

BÔAS, Geni L. V. et al. Doenças - Fungos. Embrapa, 2006. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/doencas_fungo.htm#:~:text=Doen%C3%A7a%20caracterizada%20pela%20presen%C3%A7a%20de,imediatamente%20ap%C3%B3s%20a%20%C3%BAltima%20colheita.&text=>>. Acesso em: 17 out. 2025.

BORGES, Ana Lúcia; SOUZA, Luciano da Silva. Relações com clima. Embrapa, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/banana/pre-producao/especie/relacoes-clima>>. Acesso em: 11 nov. 2025.

BORGES, Ana Lúcia *et al.* **Banana: instruções práticas de cultivos.** 4. ed. Cruz das Almas, Bahia: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/15439825.pdf>. Acesso em: 21 out. 2025.

BORGES, Ana Lúcia. Diagnose foliar na cultura da banana. 2012. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/935545>>. Acesso em: 21 out. 2025.

BUENO, Deyvid. O poderoso Silício: como age e quais seus benefícios. agrotécnico, 2021. Disponível em:
<<https://agrotecnico.com.br/o-poder-do-silicio/#:~:text=Embora%20os%20efeitos%20diretos%20possam,penetra%C3%A7%C3%A3o%20dos%20insetos%20nas%20plantas>>. Acesso em: 20 out. 2025.

BUCK, Guilherme Bossi. **Método para determinação de silício solúvel em fertilizantes.** 2010. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia, MG, 2010. Disponível em:
<<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/12052/1/Tese%20Guilherme.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2025

CAMPO & NEGÓCIOS. POTÁSSIO: ELEMENTO ESSENCIAL PARA BANANAS DE QUALIDADE. 2020. Disponível em:
<<https://campoenegocios.com/potassio-elemento-essencial-para-bananas-de-qualidade/#:~:text=O%20pot%C3%A1ssio%20%C3%A9%20um%20nutriente%20importante%20n%C3%A3o,a%C3%A7%C3%BAcares%20e%20redu%C3%A7%C3%A3o%20da%20acidez%20da%20polpa>>. Acesso em: 21 out. 2025.

CANAL RURAL, COLHEITA DE ARROZ CHEGA A 40% NO NORTE DE SANTA CATARINA. 2018. Disponível em:
<<https://www.canalrural.com.br/agricultura/arroz/colheita-arroz-chega-norte-santa-catarina-71996>>. Acesso em: 11 nov. 2025.

CARRIJO, Mateus. Adubação Eficiente: Dicas para Maximized Cultivos. nagro, 2024. Disponível em:
<<https://nagro.com.br/blog/adubacao-7/#:~:text=Combinar%20esses%20elementos%20de%20manejo%20eficaz%20de,melhor%20qualidade%20e%2C%20consequentemente%2C%20alta%20performance%20agr%C3%ADcola>>. Acesso em: 20 out. 2025.

CONTAG, SILÍCIO PODE SUBSTITUIR INSETICIDAS EM TOMATES. 2008. Disponível em:
<<https://ww2.contag.org.br/silicio-pode-substituir-inseticidas-em-tomate-20081021#:~:text=Uma%20subst%C3%A2ncia%20usada%20como%20fertilizante,ambiente%20e%20%C3%A0%20sa%C3%BAde%20humana>>. Acesso em: 20 out. 2025

CORDEIRO, Zilton; MATOS, Aristoteles; FILHO, Paulo. Sigatokas. Embrapa, 2021. Disponível em:
<<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/banana/producao/pragas/doencas/fungicas/principais-doencas/sigatokas>>. Acesso em: 20 out. 2025.

COUTINHO, Caio. Como se deve utilizar óleo mineral adjuvante em cultivos? CAMPO & NEGÓCIO, 2025. Disponível em:
<<https://campoenegocios.com/como-se-deve-utilizar-oleo-mineral-adjuvante-em-cultivos/>>. Acesso em: 08 nov. 2025.

DIANA, Juliana. Monocotiledôneas. Disponível em:
<<https://www.todamateria.com.br/monocotiledoneas/>>. Acesso em: 25 nov. 2025.

DIAS, Bruno. Fungos nas Plantas: Conheça Os Vilões Invisíveis do Seu Jardim. Be Page, 2025. Disponível em:

<<https://bepage.com.br/fungos-nas-plantas-conheca-os-viloes-invisiveis-do-seu-jardim/#:~:text=O%20que%20s%C3%A3o%20os%20fungos%20e%20por%20que%20a parecem%20nas,Us%20exagerado%20de%20adubos%20qu%C3%ADmicos>>. Acesso em: 17 out. 2025.

DIORIO, Carlos Alberto. DRIS para a cultura da bananeira na região norte do Paraná. Unoeste, 2012. Disponível em:

<<http://bdtd.unoeste.br:8080/tede/handle/tede/558>>. Acesso em: 22 out. 2025.

Drogaria São Paulo, SILÍCIO ORGÂNICO: CONHEÇA O PRODUTO! [s.d.].

Disponível em:

<<https://www.drogariasapaulo.com.br/silicio-organico-150mg-935285949/p#:~:text=Al%C3%A9m%20disso%2C%20esse%20suplemento%20tamb%C3%A9m,as%20%C3%A9lulas%20do%20sistema%20imuno%C3%B3gico>>. Acesso em: 20 out. 2025.

Epagri. Litoral Norte de SC aumenta produção de arroz e alcança marca recorde na safra 2024/25. 2024. Disponível

em:https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjO3KjqolyRAxWfGLkGHUuwFEAQFnoECCIQAw&url=https%3A%2F%2Fwww.epagri.sc.gov.br%2Flitoral-norte-de-sc-aumenta-em-12-producao-de-arroz-e-alcanc-a-marca-recorde-na-safra-2024-25%2F%23%3A~%3Atext%3D2024%252F25%2520%25E2%2580%2593%2520Epagri-%2CLitoral%2520Norte%2520de%2520SC%2520aumenta%2520produ%25C3%25A7%25C3%25A3o%2520de%2520arroz%2520e%20crecorde%2520na%2520safra%25202024%252F25%26text%3DOs%2520munic%25C3%25ADpios%2520do%2520Litoral%2520Norte%20Cum%2520recorde%2520para%2520a%2520regi%25C3%25A3o.&usq=AOvVaw110wHy_X-KXSLhVqGdillq&opi=89978449. Acessado em : 24\11\2025

FILHO, Oscar Fontão de Lima et al. Determinação de silício em tecido vegetal com abertura das amostras em digestor com aquecimento por micro-ondas.

Dourados, MS: Embrapa, 2019. Disponível em:

<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1121589/1/CT482019.pdf>>. Acesso em: 11 de nov. 2025

FOLETTTO, Edson L.; HOFFMANN, Ronaldo; HOFFMANN, Rejane S.;

PORTUGAL JR, Utinguassú L.; JAHN, Sérgio L. Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz. Química Nova, v. 28, n. 6, p.1055-1060, 2005. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/qn/a/X9MRTGqgpzk6yPQtmjkm4M/?format=html&lang=pt>. Acesso em 25 nov, 2025

GARCIA, Alvanir. Fungicidas I: utilização no controle químico de doenças e sua ação contra os fitopatógenos. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 1999.

Disponível em:

<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/704072/1/FOL59930001.pdf#:~:text=Quando%20s%C3%A3o%20aplicados%20%C3%A0%20superf%C3%ADcie%20dos%20%C3%B3rg%C3%A3os,germina%C3%A7%C3%A3o%20dos%20esporos%20e%20do%20tubo%20germinativo>>. Acesso em: 08 nov. 2025.

Gisele. Sigatoka-amarela na bananeira - saiba identificar e controlar esta doença. ManejeBem, 2020. Disponível em: <<https://www.manejebem.com.br/publicacao/novidades/sigatoka-amarela-na-bananeira-saiba-identificar-e-controlar-esta-doenca>>. Acesso em: 20 out. 2025.

gov.br, AGROTÓXICO. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/agrotoxico>>. Acesso em: 09 nov. 2025.

GRULOVA, Daniela; LABUN, Pavol; SALAMON, Ivan. Cálculo do teor de silício na cavalinha (*Equisetum arvense* L.) durante o período vegetativo. **Ciências da Alimentação e Nutrição**, v. 4, n. 5, 2013. Disponível em : <https://www.scrip.org/journal/paperinformation?paperid=31014#:~:text=It%20is%20o%20ne%20of%20the,%2C%20particularly%20osteoporosis%20%5B%5D>. Acesso em: 15 nov. 2025.

ISRAELENSE, Yair; SHABI, Ezra; SLABAUGH, W. R. **Efeito do óleo de pulverização de banana na produção de banana na ausência de Sigatoka (*Mycosphaerella* sp.).** Scientia Horticulturae, v. 56, n. 2, p. 107-117, 1993. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/030442389390012F#:~:text=Te%20xaco%20Spraytex%20%AE%20CT774%2C%20at,a%20reduction%20in%20banana%20yield>. Acesso em: 8 nov. 2025.

JORGE, Franceli C. Silicato de potássio pode reduzir os danos causados pela brusone no trigo. DICIPA, 2018. Disponível em: <<https://unipampa.edu.br/dicipa/silicato-de-potassio-pode-reduzir-os-danos-causados-pela-brusone-no-trigo#:~:text=Ao%20ser%20aplicado%20sobre%20as,e%20a%20coloniza%C3%A7%C3%A3o%20de%20fungos>>. Acesso em: 21 out. 2025.

JORNAL DA USP, PUBLICAÇÃO DESTACA O SILÍCIO COMO ALIADO DA AGRICULTURA NO COMBATE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS. 2024. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/universidade/publicacao-destaca-o-silicio-como-aliado-da-agricultura-no-combate-as-mudancas-climaticas/#:~:text=Al%C3%A9m%20disso%2C%20o%20sil%C3%ADcio%20ativa,download%20da%20publica%C3%A7%C3%A3o%20clique%20aqui.&text=A%20reprodu%C3%A7%C3%A3o%20de%20mat%C3%A9ria%20e,e%20o%20nome%20do%20fot%C3%B3graf>>. Acesso em: 20 out. 2025.

KALAPATHY, Uruthira; PROCTOR, André; SHULTZ, John L. A simple method for production of pure silica from rice hull ash. Bioresource Technology, v. 73, n. 3, p. 257-262, 2000. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852499001273?casa_token=R1nL7S_1OiUAAAAA:luUcl3hWHbcjLW0hKI6KI8MNRjYkGLf5a3lpmMsb4Mh3Y8FrZJs1XkxQEdH6IWsnmjTUgdjvxLxT. Acesso em: 29 out. 2025

KRISHI BAZAAR.IN, THE USES OF KELEOL BANANA SPRAY. 2024. Disponível em: <<https://krishibazaar.in/blog/the-uses-of-keleol-banana-spray#:~:text=Functions%20:,ML%20per%20Liter%20of%20water>>. Acesso em: 08 nov. 2025.

LIMA, Jessica Milanez Tosin et al. Agrotóxicos e seus impactos para a segurança alimentar e ambiental, v. 26, pág. 25-29, 2024. Disponível em: <<https://www.iosrjournals.org/iosr-jbm/papers/Vol26-issue10/Ser-10/C2610102529>>. Acesso em: 18 nov. 2025.

LUBRAQUIM. Informações técnicas: Lubroppa O. São Paulo: Distribuidora de óleos minerais básicos, formuladora de lubrificantes e óleos agrícolas, 2021. Disponível em: <<https://lubraquim.com.br/boletins-tecnicos/lubroppa/BOLETIM-LUBROPPO-O-REV-03.pdf>>. Acesso em: 8 nov. 2025.

MACHADO, Anderson Wolf. Silicato de Potássio - Adubo e defensivo em um só produto. AGROLINK, [s.d.]. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/adubacao-mineral/silicato-de-potassio---adubo-e-defensivo_465277.html#:~:text=O%20silicato%20de%20pot%C3%A1ssio%20%C3%A9,%C3%A9%20mo%C3%ADdo%20e%20sem%20tratamento>. Acesso em: 21 out. 2025.

MARIAPPAN, Venethaji; S*, Divya. Efficacy of Mineral oil with Fungicides in Management of Sigatoka Leaf of Banana. **J Krishi Vigyan**, p. 355-357, 2020. Disponível em: https://iskv.in/wp-content/themes/iskv/volume-pdfs/60467dcfcf692201aed8ee8addae76dcpages_365-367.pdf. Acesso em: 8 nov. 2025

MARTINS ROCHA, Welisson. EFEITO FUNGICIDA DAS FRAÇÕES SOLÚVEIS DA CAVALINHA (*Equisetum hyemale*). Uniube, 2022. Disponível em: <<https://dspace.uniube.br/handle/123456789/2531>>. Acesso em: 20 out. 2025.

MENEGALE, M. L. de C.; CASTRO, G. S. A.; MANCUSO, M. A. C. Silício: interação com o sistema solo-planta. Embrapa, 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1025188/silicio-interacao-com-o-sistema-solo-planta#:~:text=Estudos%20revelam%20a%20influ%C3%Aancia%20do,da%20efici%C3%Aancia%20fotossint%C3%A9tica%20das%20plantas>>. Acesso em: 20 out. 2025.

MELHOR FORMA DE PLANTAR BANANA (COMO PLANTAR BANANA) COLHEITA SUPER RÁPIDA. Youtube, 8 mar. 2023. Canal: Pomar e Horta Sustentáveis. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ONAOYjiGPtQ>. Acesso em: 15 nov. 2025.

Monocotiledóneas (classe Liliopsida) . Disponível em: <<https://www.biodiversity4all.org/taxa/47163-Liliopsida>>. Acesso em: 25 nov. 2025.

MONTEIRO, C. M.; DA SILVEIRA, T. F. S.; BICALHO, U. O.; DO CARMO, D. R. Caracterização química preliminar da *Equisetum arvense* e propriedades na adsorção de Cu(II) em minério. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 54., 2014. Belém: Associação Brasileira de Química, 2014. Disponível em: <<https://www.abq.org.br/cbq/2014/trabalhos/7/5930-19565.html>> Acesso em: 20 nov. 2025.

PIZOL, José Vitor. Estresse ambiental em plantas: como identificar, prevenir e minimizar os efeitos negativos. Nutrição de safras, 2024. Disponível em: <<https://nutricaoodesafras.com.br/estresse-ambiental-em-plantas#:~:text=Os%20efeitos%20diretos%20do%20estresse,germina%C3%A7%C3%A3o%20ou%20emerg%C3%Aancia%20das%20plantas>>. Acesso em: 20 out. 2025.

PIZOL, José Vitor. Irrigação do solo: Estratégias eficientes para manter a umidade. Nutrição de safras, 2023. Disponível em: <https://nutricaoodesafras.com.br/irrigacao-do-solo-estrategias-eficientes#:~:text=Quando%20a%20estrat%C3%A9gia%20de%20irriga%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9%20utilizada,maior%20produtividade%20e%2C%20consequentemente%2C%20aumentado%20na%20rentabilidade>. Acesso em: 20 out. 2025.

PEREIRA, Lair Victor et al. Doenças da Bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p. 37- 47, 1999. Disponível em: <https://www.musalit.org/viewPdf.php?file=IN010027.pdf&id=6061>. Acesso em: 08 nov. 2025.

PRESTI, Carla. Silício orgânico é bom para pele, cabelo e unhas? Como age? Mantecorp skincare, 2025. Disponível em: <

SANTOS, Thuanne. Silício aumenta resistência das plantas e diminui uso de defensivos. *comunica.ufo.br*. Disponível em:
<<https://comunica.ufu.br/noticias/2023/10/silicio-aumenta-resistencia-das-plantas-e-diminui-uso-de-defensivos#:~:text=%E2%80%99CN%C3%B3s%20desenvolvemos%20metodologias%20para%20avaliar,e%20o%20Portal%20Comunica%20UFU>>. Acesso em: 20 out. 2025.

SANTOS, Flávia Cristina dos. **Cultura da bananeira: plantio e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/568730/1/p200502.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2025.

SciELO Brasil, AGROTÓXICOS: EFICIÊNCIA ECONÔMICA E INJUSTIÇA SOCIOAMBIENTAL. 2007. Disponível em:
<<https://www.scielo.br/j/csc/a/SZjNwV7qbqQmknhbjnMLGZw/#:~:text=Por%20atuare m%20sobre%20processos%20vitais%2C%20t%C3%AAm%20grande,exposto%20a os%20riscos%20associados%20a%20este%20processo>>. Acesso em: 09 nov. 2025.

SciELO Brasil, APLICABILIDADE DAS CINZAS DE ARROZ. 2005. Disponível em:
<<https://www.scielo.br/j/qn/a/X9MRTGqgpzk6yPQtmjkm4M/?lang=pt>>. Acesso em: 17 out. 2025.

SOUSA, Rafaela. Agrotóxicos. *Mundo Educação*, [s.d.]. Disponível em:
<[https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/agrotoxicos.htm#:~:text=A%20Ag%C3%AAncia%20Nacional%20de%20Vigil%C3%A2ncia%20Sanit%C3%A1ria%20\(Anvisa\)%20classifica%20os%20agrot%C3%B3xicos,de%20letalidade%20de%20cada%20uma](https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/agrotoxicos.htm#:~:text=A%20Ag%C3%AAncia%20Nacional%20de%20Vigil%C3%A2ncia%20Sanit%C3%A1ria%20(Anvisa)%20classifica%20os%20agrot%C3%B3xicos,de%20letalidade%20de%20cada%20uma)>. Acesso em: 09 nov. 2025.

STREB, João Antonio. Silício orgânico: veja os benefícios e quando utilizar suplementação. *Veja Saúde*, 2024. Disponível em:
<<https://saude.abril.com.br/alimentacao/silicio-organico-veja-os-beneficios-e-quando-utilizar-suplementacao/>>. Acesso em: 20 out. 2025.

SUSTENTAREA, 10 MITOS E VERDADES SOBRE AGROTÓXICOS. 2023. Disponível em:
<<https://www.fsp.usp.br/sustentarea/2023/01/11/10-mitos-e-verdades-sobre-agrotoxicos/>>. Acesso em: 09 nov. 2025.

SUZUKI, Vanessa Yuri *et al.* Silício nos alimentos: uma revisão. **Advances in Nutritional Sciences**, v. 1, n. 1, p. 41-48, 2020. Disponível em:
<https://ansj.com.br/journal/index.php/1/article/download/7/60/184#:~:text=O%20sil%C3%ADcio%20org%C3%A2nico%20est%C3%A1%20presente,seu%20elevado%20conte%C3%BAdo%20na%20epiderme>. Acesso em: 20 out. 2025

SVRCEK, Rodrigo. Fungo em plantas: o que é e como combater esse parasita. *blog cobasi*, 2025. Disponível em: <<https://blog.cobasi.com.br/fungo-em-plantas/>>. Acesso em: 17 out. 2025.

terra, SEGUNDO ESTUDOS, SILÍCIO ORGÂNICO PODE TRAZER BENEFÍCIOS PARA A SAÚDE E BELEZA. 2020. Disponível em:

<<https://www.terra.com.br/noticias/dino/segundo-estudos-silicio-organico-pode-trazer-beneficios-para-a-saude-e-beleza,1365789a82f8f22aaee7178796d4615edoqlpvor.html#:~:text=O%20suplemento%20tamb%C3%A9m%20%C3%A9%20indicado,disp%20%C3%ADveis%22%2C%20finaliza%20a%20dermatologista>>. Acesso em: 20 out. 2025.

terramagna, SILÍCIO: ORIGEM, APLICAÇÕES E SUAS PROPRIEDADES. [s.d.]. Disponível em: <<https://terramagna.com.br/blog/silicio/>>. Acesso em: 20 out. 2025.

TSUKADA, Julie. Fungicidas: tudo o que você precisa saber sobre esses defensivos agrícolas. aliare, [s.d.]. Disponível em: <<https://agriq.com.br/fungicidas/#:~:text=Os%20fungicidas%20s%C3%A3o%20subst%C3%A2ncias%20qu%C3%ADmicas,defensivos%20agr%C3%ADcolas%20disp%20%C3%ADveis%20no%20mercado>>. Acesso em: 9 nov. 2025.

VILAR, Daniel. Silício na Agricultura - Transformando o Cultivo com Tecnologia. PORTAL AGRICONLINE, 2023. Disponível em: <<https://agronline.com.br/portal/artigo/silicio-na-agricultura-transformando-o-cultivo-com-tecnologia/#:~:text=O%20Sil%C3%ADcio%20e%20suas%20Vantagens,o%20crescimento%20saud%C3%A1vel%20das%20culturas>>. Acesso em: 20 out. 2025.

Weather Spark, CLIMA E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS MÉDIAS EM JARAGUÁ DO SUL NO ANO TODO. [s.d.]. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/29898/Clima-característico-em-Jaraguá-do-Sul-Santa-Catarina-Brasil-durante-o-ano>>. Acesso em: 11 nov. 2025.

Z. J. M. Cordeiro; H. Kimati. Doenças da bananeira. In: H. Kimati; L. Amorim; A. Bergamin Filho; L. E. A. Camargo; J. A. M. Rezende. **Manual de Fitopatologia:** doenças das plantas cultivadas. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda, 1997. p. 127-129.

APÊNDICE

APÊNDICE 1 - Tabela da classificação dos agrotóxicos utilizada para fins de registro e reavaliação pela ANVISA.

	CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4	CATEGORIA 5	NÃO CLASSIFICADO
	EXTREMAMENTE TÓXICO	ALTAMENTE TÓXICO	MODERADAMENTE TÓXICO	POUCO TÓXICO	IMPROVÁVEL CAUSAR DANO AGUDO	NÃO CLASSIFICADO
PICTOGRAMA					Sem símbolo	Sem símbolo
PALAVRA DE ADVERTÊNCIA	PERIGO	PERIGO	PERIGO	CUIDADO	CUIDADO	Sem advertência
CLASSE DE PERIGO						
ORAL	Fatal se ingerido	Fatal se ingerido	Tóxico se ingerido	Nocivo se ingerido	Pode ser perigoso se ingerido	-
DÉRMICA	Fatal em contato com a pele	Fatal em contato com a pele	Tóxico em contato com a pele	Nocivo em contato com a pele	Pode ser perigoso em contato com a pele	-
INALATÓRIA	Fatal se inalado	Fatal se inalado	Tóxico se inalado	Nocivo se inalado	Pode ser perigoso se inalado	-
COR DA FAIXA	VERMELHO	VERMELHO	AMARELO	AZUL	AZUL	VERDE

Fonte: gov.br 2023

APÊNDICE 2 - Substituição de efeitos negativos dos agrotóxicos por efeitos benéficos promovido pelo uso do silício.

Agrotóxicos	Silício (soluções contendo silicatos)
Malefícios: Contaminação dos solos e de corpos hídricos	Benefícios: É um nutriente natural, não tóxico, que melhora a fertilidade do solo e sua capacidade de retenção de água
Malefício: Resíduos tóxicos no alimentos e riscos à saúde humana	Benefício: É seguro para o consumo humano e aumenta a absorção de nutrientes essenciais pelas plantas, potencialmente elevando o valor nutricional dos alimentos
Malefício: Danos à biodiversidade e morte de polinizadores	Benefício: É ecologicamente correto protegendo insetos benéficos e o meio ambiente

Fonte: Professor Jorge Barcelos, 2025

APÊNDICE 3 - Localização do adubo nas bananeiras: planta nova.



Fonte: Embrapa, 2006

APÊNDICE 4 - Tipos de mudas de bananeira: chifrão, chifre, chifrinho e muda micropropaganda.



Fonte: Embrapa, 2006

APÊNDICE 5 - Espaçamentos para diferentes variedades, em função do porte (altura).

Porte (Altura)	Variedades	Espaçamentos	
		Fileira simples (m)	Fileira dupla (m)
Baixo a médio	Nanica, Grande Naine, Nanicão, Prata Anã, Figo Anão, Pioneira.	2,0 x 2,0	3,0 x 2,0 x 2,0
		2,5 x 2,0	4,0 x 2,0 x 2,0
		2,5 x 2,5	
Médio a alto	Maçã, D'Angola, Terrinha, Figo Cinza, Thap Maeo, Ouro, Caipira, FHIA-18, Prata Baby, Prata Graúda, Tropical, Maravilha.	3,0 x 2,0	4,0 x 2,0 x 2,5
		3,0 x 2,5	
Alto	Terra, Prata, Pacovan, Pacovan Ken, Preciosa.	3,0 x 3,0	
		4,0 x 2,0	4,0 x 2,0 x 3,0
		4,0 x 3,0	

Fonte: Embrapa, 2006

APÊNDICE 6 - Abertura de covas para plantio da bananeira: cova



Fonte: Embrapa, 2006