



Scientific Electronic Archives

Issue ID: Vol.19 (5), Set/Oct 2026, p. 1-12

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/19520262262>

+ Corresponding author: sandrodantatagiba@yahoo.com.br

Aplicação da adubação silicatada na qualidade físico-químicas do grão de milho colhido em estágio leitoso

Effect of silicate fertilization on the physicochemical quality of maize grain harvested at the milk stage

Sandro Dan Tatagiba +, Laura Rigo, Isadora Berton Perosa, Gustavo Zago, Isabel Perazzoli, Bruno José Dani Rinaldi

Instituto Federal Catarinense

Resumo. O objetivo deste trabalho foi investigar o uso de silicato de potássio fornecido via foliar e/ou no solo sobre qualidade físico-químicas dos grãos de milho colhido em estado leitoso. Para isso, plantas de milho híbrido, *Zea mays* L., variedade “Saboroso” (GranSafrá) cresceram em vasos plásticos contendo 8 dm³ de substrato no interior da casa de vegetação do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira. As plantas cresceram com o substrato mantido próxima a capacidade de campo até o final do experimento, com duração de 124 dias após a emergência (DAE) das plântulas nos vasos. O controle da irrigação foi realizado pelo método gravimétrico (pesagem diária dos vasos), adicionando-se água até que a massa do vaso atingisse o valor prévio determinado, considerando-se a massa do solo e de água. O experimento foi montado num delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições, composto por quatro tratamentos (Formas de aplicação de silicato de potássio): S+F+ (Silicato de potássio fornecido no solo e na folha), S+F- (Silicato de potássio fornecido no solo), S-F+ (Silicato de potássio fornecido na folha) e S-F- (Tratamento controle, sem fornecimento de silicato de potássio). Cada unidade experimental foi composta de uma espiga colhida a partir de uma planta crescendo em vaso plástico. Os dados foram submetidos à análise de variância, e os tratamentos comparados pelo teste de Tukey (5% de probabilidade) utilizando o programa o software R®, versão 4.3.2. As avaliações físico-químicas dos grãos em estágio leitoso foram realizadas após a colheita aos 124 DAE das plântulas, onde foram avaliados: a umidade dos grãos, o potencial hidrogeniônico (pH), a acidez titulável, os sólidos solúveis, o teor de proteína totais e de lipídeos. Os resultados demonstraram que a aplicação de silicato de potássio influenciou os atributos físico-químicos dos grãos de milho em estágio leitoso, sendo a resposta dependente da forma de aplicação de silicato de potássio. A aplicação via foliar (S-F+) favoreceu o maior teor de umidade e acidez titulável, enquanto a aplicação via solo (S+F-) reduziu os valores de pH, a acidez titulável e os sólidos solúveis, sem comprometer a qualidade dos grãos. A aplicação combinada via solo e folha (S+F+) proporcionou o maior teor de lipídeos, favorecendo o acúmulo de compostos de reserva.

Palavras-chaves: elemento benéfico, pós-colheita, silício, *Zea mays* L.

Abstract. The objective of this study was to investigate the effect of potassium silicate applied via foliar spray and/or to the soil on the physicochemical quality of maize kernels harvested at the milk stage. To this end, hybrid maize plants (*Zea mays* L., variety “Saboroso” [GranSafrá]) were grown in plastic pots containing 8 dm³ of substrate inside a greenhouse at the Instituto Federal Catarinense, Videira Campus. The plants were grown with the substrate maintained near field capacity until the end of the experiment, which lasted 124 days after seedling emergence (DAE). Irrigation was managed using the gravimetric method (daily weighing of pots), with water added until the pot mass reached a predetermined value, accounting for the mass of both the soil and the water. The experiment was set up in a completely randomized design (CRD) with four replicates, comprising four treatments (potassium silicate application methods): S+F+ (potassium silicate applied to both soil and foliage), S+F- (potassium silicate applied to soil), S-F+ (potassium silicate applied to foliage), and S-F- (control treatment, without potassium silicate application). Each experimental unit consisted of a single ear harvested from a plant grown in a plastic pot. Data were subjected to analysis of variance, and treatments were compared using Tukey’s test (5% probability level) with R® software (version 4.3.2). Physicochemical

evaluations of the kernels at the milk stage were performed after harvest at 124 DAE; the parameters evaluated included kernel moisture, pH, titratable acidity, soluble solids, and total protein and lipid content. The results demonstrated that the application of potassium silicate influenced the physicochemical attributes of corn kernels at the milk stage, with the response depending on the application method. Foliar application (S-F+) resulted in higher moisture content and titratable acidity, whereas soil application (S+F-) reduced pH values, titratable acidity, and soluble solids without compromising kernel quality. Combined soil and foliar application (S+F+) yielded the highest lipid content, promoting the accumulation of storage compounds.

Keywords: beneficial element, post-harvest, silicon, *Zea mays* L.

Introdução

Pertencente à família Poaceae, o milho (*Zea mays* L.), é uma espécie originária da região localizada entre o sul do México e o norte da Guatemala, sendo uma das culturas agrícolas de maior importância econômica e alimentar em escala mundial, devido à sua ampla distribuição geográfica, elevada capacidade produtiva e diversidade de aplicações para o consumo (Duarte et al., 2016).

O milho destinado ao consumo na forma de grão “verde” corresponde, predominantemente, a híbridos do tipo dentado, cujas espigas são colhidas no estágio leitoso dos grãos (Favarato et al., 2016). Nessa fase, as espigas podem ser comercializadas para consumo *in natura* ou empregadas na elaboração de produtos alimentícios (pamonha, mingau, bolos, sorvetes e outras preparações típicas). Além disso, podem ser destinadas ao processamento industrial, incluindo a produção de conservas e produtos enlatados, atendendo às exigências do mercado consumidor e da agroindústria (Luz et al., 2015).

O Brasil ocupa posição de destaque na produção de milho, figurando entre os maiores produtores e exportadores mundiais do cereal. Em virtude do elevado potencial produtivo, o milho representa a segunda cultura de grãos mais produzidos no país, consolidando-se como o terceiro maior produtor e o segundo maior exportador global (USDA, 2022; CONAB, 2023).

A utilização do silício (Si) na agricultura tem despertado crescente interesse científico devido aos efeitos positivos observados no desenvolvimento e desempenho das culturas agrícolas. Embora esse elemento não seja classificado como essencial para a maioria das espécies vegetais, seu emprego como fertilizante tem se expandido em virtude dos benefícios agrônômicos proporcionados (Frew et al., 2018). O Si atua como um elemento benéfico, contribuindo para o aumento da tolerância das plantas aos estresses bióticos e abióticos, além de favorecer a produtividade em diferentes sistemas de cultivo, (Frew et al., 2018), sendo considerado um elemento “quase essencial” (Bakhat et al., 2018; Adrees et al., 2015) em gramíneas.

O milho está entre as culturas que apresentam média absorção de Si, capaz de acumular entre 1 a 5% da massa seca, sendo que a aplicação do elemento pode favorecer o maior acúmulo nos tecidos (Liang et al., 2015), constituindo uma alternativa técnica viável e eficaz de uso.

Em espigas de milho verde, ou seja, em estágio de grãos leitosos, a utilização do Si como

adubo pode beneficiar além da produtividade, a qualidade dos grãos das espigas, favorecendo a atividade metabólica e estrutural, que influenciam as características sensoriais do produto (Henrique; Cereda, 1999). Além disso, melhora a vida útil pós-colheita, a taxa respiratória e a suscetibilidade ao desenvolvimento de agentes patogênicos (Figueiredo et al., 2010). A utilização do Si ainda é capaz de favorecer o incremento dos teores de açúcares totais e glicose (Figueiredo et al., 2010) e do rendimento de óleo (Dordas, 2009) dos grãos. Ainda favorece a conservação das espigas verdes, através da redução da transpiração, causada pela perda de água, diminuindo a deterioração dos tecidos, melhorando a aparência, a perda de textura e do valor nutricional dos grãos (Dordas, 2009).

Dessa forma, o Si pode favorecer favoreceu a qualidade físico-química dos grãos, como em milho doce, onde proporcionaram melhorias significativas na pós-colheita, principalmente nos valores de umidade, carboidratos, açúcares redutores e sólidos totais (Ferreira, 2016). E ainda, plantas submetidas à aplicação de Si são capazes de manter um maior período de tempo o sabor dos grãos, o que é um fato extremamente importante ao consumo (Ferreira, 2016). Verifica-se, assim, que a utilização de Si pode ser uma alternativa promissora na qualidade físico-químicas dos grãos. Entretanto, são escassos os trabalhos encontrados na literatura, enfatizando o uso do Si na qualidade físico-química dos grãos, o que ratifica a necessidade de mais estudos com o elemento.

Conhecer os benefícios do Si sobre a qualidade físico-química dos grãos leitosos de milho torna-se imprescindível para dar suporte ao agricultor na qualidade do produto. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi investigar o uso de Si, fornecido via foliar e no solo sobre os aspectos físico-químicos e a qualidade do milho colhido em estágio de grão leitoso.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado em casa de vegetação pertencente ao Instituto Federal Catarinense - Campus Videira, localizado na rodovia SC 135, Km 125, bairro Campo Experimental, no município de Videira, estado de Santa Catarina.

O município encontra-se na zona agroecológica do Vale do Rio do Peixe, com clima subtropical, segundo classificação de Koppen, apresentando temperatura moderada, chuva bem distribuída e verão brando. Podem ocorrer geadas, tanto no inverno como no outono. As temperaturas

médias são inferiores a 20 °C, exceto no verão. No inverno a média é inferior a 14 °C, com mínimas inferiores a 8 °C.

Material experimental

O semeio do milho híbrido, *Zea mays* L., variedade “Saboroso” (GranSafra) foi realizada em vasos plásticos com capacidade de 8 dm³. O substrato para preenchimento dos vasos foi constituído de uma mistura de terra extraída da camada de 0,40 a 0,80 m de profundidade de um Argissolo Vermelho Distrófico e substrato comercial Tropstrato® (Vida Verde, Mogi Mirim, SP) na proporção 3:1, respectivamente. Utilizaram-se três sementes no semeio, mantendo-se uma planta por vaso após o desbaste. Foi realizada análise granulométrica do substrato, obtendo-se a classificação textural como muito argiloso.

Amostras do substrato foram analisadas quimicamente, resultando em boa disponibilidade de bases trocáveis (SB = 14,69 cmolc dm⁻³) e de saturação de bases (V = 66,7%) e razoável disponibilidade de fósforo (P = 17,14 mg dm⁻³). Antes do plantio foi necessário realizar a correção da acidez do solo, elevando a saturação por bases a 70%, fornecendo 2,50 g/vaso de calcário dolomítico (Filler®). As adubações de plantio e de cobertura foram realizadas de acordo com o Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016). O nitrogênio foi fornecido na forma de uréia, parcelado em três vezes (Três aplicações). O fósforo (P₂O₅) foi aplicado no plantio (Única dose) e o potássio aplicado na forma de cloreto de potássio (Três aplicações).

No plantio foram fornecidos 0,200 g/vaso de uréia; 4,0 g/vaso de fosfato e 0,200 g/vaso de cloreto de potássio. As adubações de cobertura foram realizadas de forma parcelada, em dois períodos. A primeira adubação de cobertura foi realizada quando a planta atingiu o estágio V4 a V6, com cerca de 40 a 60 cm de altura, aplicando-se 0,350 g/vaso de uréia e 0,250g/vaso de cloreto de potássio. A segunda aplicação de cobertura foi realizada 30 dias após a primeira aplicação, fornecendo 0,350g/vaso de uréia e 0,250g/vaso de cloreto de potássio. Também foi realizada uma adubação de reforço, utilizando o fertilizante mineral misto “NPK + 9 nutrientes” (Forth Frutas®), fornecendo 30 g/vaso do formulado, aos 100 dias após a emergência (DAE) das plântulas.

Fornecimento de Si

Foram realizadas cinco aplicações de silicato de potássio, fornecidos via foliar e no solo, utilizando-se a dose de 6 mL/L, aplicados aos 30, 45, 60, 75 e 100 DAE das plântulas. As quantidades de silicato de potássio utilizadas nas cinco aplicações, em cada uma das plantas foram às seguintes: 30, 50, 110, 135 e 170 mL, na primeira, segunda, terceira, quarta e quinta aplicações, respectivamente.

A aplicação foliar foi realizada através de um pulverizador manual de 3 L, utilizando um bico tipo leque. A aplicação no solo, por sua vez, foi realizada através da solução preparada em um béquer. Plantas controles onde não foram aplicadas o silicato de potássio, foi utilizada água destilada.

O silicato de potássio utilizado na experimentação (Solo Fértil Adubação Foliar®), apresenta formulação do tipo EC (Concentrado emulsionável), sendo recomendado para a cultura do milho, apresentando os seguintes nutrientes solúveis em água na escala peso/volume: 165,6 g/L de K₂O (Potássio) e de Si (Silício).

Manejo hídrico

Para o estabelecimento de água no substrato, foi utilizado o nível de água, definido na capacidade de campo, sendo o controle da irrigação realizado pelo método gravimétrico (Pesagem diária dos vasos), adicionando-se água até que a massa do vaso atingisse o valor prévio determinado, considerando-se a massa do solo e de água, conforme metodologia descrita por Freire et al. (1980).

Determinação da qualidade físico-química dos grãos

Para avaliar a qualidade físico-química dos grãos em estado leitoso, as espigas foram colhidas aos 124 DAE das plântulas e posteriormente acondicionadas sobre bancadas no Laboratório de Química para em seguida realizar as seguintes avaliações: umidade dos grãos, potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável, sólidos solúveis, teor de proteínas e lipídeos.

O conteúdo de sólidos solúveis e a acidez titulável foram realizadas mediante análise de homogeneização dos grãos leitosos por um processador de alimentos portátil (Mondial Super Centrifuga Premium®). Os sólidos solúveis foram determinados em refratômetro manual digital (Atago Palette, PR-101®), com intervalo de medição de 0 a 45% ± 0,1%, utilizando-se do líquido obtido dos grãos leitosos triturados. Os resultados foram expressos em porcentagem. A acidez titulável foi determinada em 10 gramas dos grãos homogeneizada, diluída em 50 mL de água destilada, pela titulação com solução padronizada de NaOH a 0,1N até o pH da solução atingir 8,1. O resultado foi expresso em gramas de ácido cítrico por 100 g de grãos leitosos (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

O pH foi determinado através de amostras retirada dos grãos, as quais foram triturados com água destilada em liquidificador doméstico na proporção de 1:2 (30g da amostra e 60mL de água destilada) (Freire et al., 2009). Em um becker de 100mL foi adicionado o material homogeneizado e realizando a leitura em um potenciômetro digital modelo (HI 9321 da Hanna Instruments®) calibrado com soluções tampão de pH 4, 0 e 7,0.

Também foi avaliada a umidade dos grãos leitosos (g/100g) determinada por perda por dessecação a vácuo (Instituto Adolfo Lutz, 2004a),

os lipídeos (g/100g) determinados de acordo com Bligh e Dyer (1959) e as proteínas (g/100g) determinadas pelo Método Micro Kjeldahl (Instituto Adolfo Lutz, 2004b).

Delineamento experimental

O experimento foi montado num delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições, composto por quatro tratamentos (Formas de aplicação de silicato de potássio): S+F+ (Silicato de potássio fornecido no solo e na folha), S+F- (Silicato de potássio fornecido no solo), S-F+ (Silicato de potássio fornecido na folha) e S-F- (Tratamento controle, sem fornecimento de silicato de potássio). Cada unidade experimental foi composta de uma espiga colhida a partir de uma planta crescendo em vaso plástico. Os dados foram submetidos à análise de variância, e os tratamentos comparados pelo teste de Tukey (5% de probabilidade) utilizando o programa o software R®, versão 4.3.2.

Resultados e Discussão

A Figura 1 apresenta os valores médios de umidade (%) dos grãos em estado leitoso para as diferentes formas de aplicação de silicato de potássio, colhidas aos 124 DAE, para o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se que houve diferença significativa entre as médias da umidade dos grãos para as diferentes formas de aplicação do silicato de potássio (Figura 1A). Nas plantas onde o silicato de potássio foi fornecido na folha (S-F+) a umidade dos grãos foi significativamente superior em 5,2 e 5,1% em relação às plantas onde o silicato de potássio foi fornecido via solo (S+F-) e via folha e solo (S+F+), respectivamente, indicando que a aplicação foliar foi capaz de manter um maior conteúdo de água nos grãos durante a fase de enchimento. O tratamento controle (S-F-) não diferiu significativamente do tratamento onde o silicato de potássio foi fornecido via foliar (S-F+). Esses resultados podem estar relacionados às diferenças na absorção, mobilidade e redistribuição do Si na planta. Segundo Epstein (1999) e Guntzer et al. (2012), a eficiência da absorção do elemento depende da espécie, da fonte utilizada, da disponibilidade no solo e das condições ambientais.

A maior umidade observada no tratamento com aplicação foliar de silicato de potássio (S-F+) pode estar relacionada aos efeitos fisiológicos do Si sobre o balanço hídrico da planta. Após a absorção pela folha, o elemento pode ser depositado nas paredes celulares e na cutícula, formando uma

camada de sílica amorfa que reduz a transpiração excessiva, melhora a eficiência do uso da água e contribui para a manutenção da turgescência celular (Ma; Yamaji, 2015; Liang et al., 2015). Esses mecanismos favorecem a continuidade dos processos metabólicos durante o desenvolvimento reprodutivo, refletindo na maior retenção de água pelos grãos.

Além da melhoria nas relações hídricas, o Si aplicado via foliar, pode exercer efeitos positivos sobre o rendimento fotossintético e a integridade das membranas celulares, promovendo maior translocação de fotoassimilados para os órgãos reprodutivos (Frew et al., 2018). Em gramíneas, como o milho, esses benefícios podem prolongar a atividade fisiológica das folhas e retardar o processo de senescência, permitindo que os grãos permaneçam por mais tempo no estágio leitoso, condição desejável para a produção de milho verde.

É importante destacar que para o milho destinado ao consumo na forma *in natura*, elevados teores de umidade constituem uma característica tecnológica desejável, uma vez que estão associadas à textura macia, maior suculência e melhor qualidade sensorial das espigas (Favarato et al., 2016). Assim, a maior umidade observada no tratamento com aplicação foliar de silicato de potássio (S-F+) pode representar um indicativo de melhor qualidade comercial do produto, especialmente quando a colheita é realizada no estágio leitoso. Ferreira (2016), estudando o efeito da aplicação foliar de silicato de potássio sobre a umidade de grãos de milho doce, verificou maior teor de umidade dos grãos leitosos no tratamento com presença de Si, em relação ao tratamento controle (Ausência de Si).

Ainda torna-se importante enfatizar, que a colheita de milho verde deve ser realizada quando os grãos estejam com umidade entre 70 e 80% (Pereira Filho et al., 2003), porém para na cultivar avaliada neste estudo a umidade no momento da colheita variou de 64 a 68%.

Observa-se na Figura 2, que as diferentes formas de aplicação de silicato de potássio promoveram alterações significativas no potencial hidrogeniônico (pH) dos grãos de milho colhidos no estágio leitoso. O tratamento com aplicação via solo (S+F-) apresentou redução significativa no valor médio do pH em relação aos demais tratamentos, enquanto as aplicações via solo e folha (S+F+), via foliar (S-F+) e o tratamento controle (S-F-) apresentaram valores das médias significativamente semelhantes entre si.

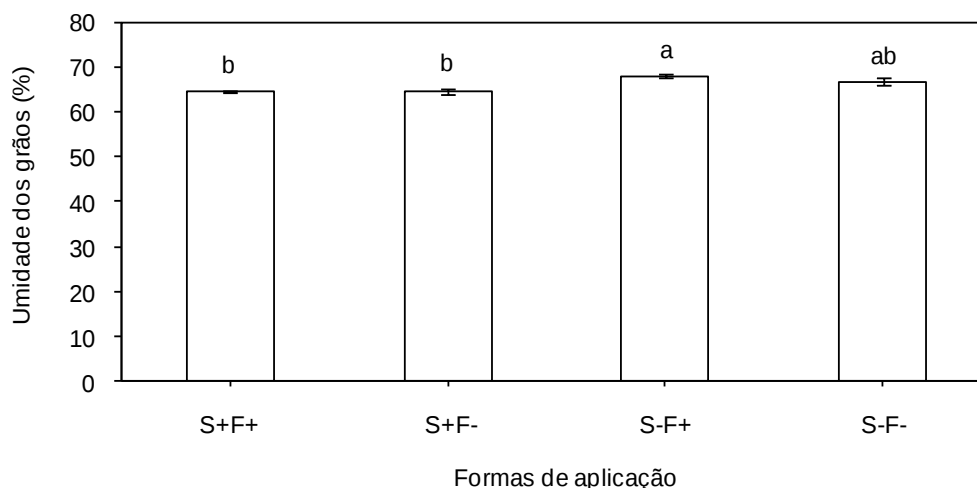


Figura 1. Umidade (%) dos grãos de milho colhido em estágio leitoso em diferentes formas de aplicação do silicato de potássio.

*Médias dos tratamentos seguidas de letras diferentes na coluna representam que são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

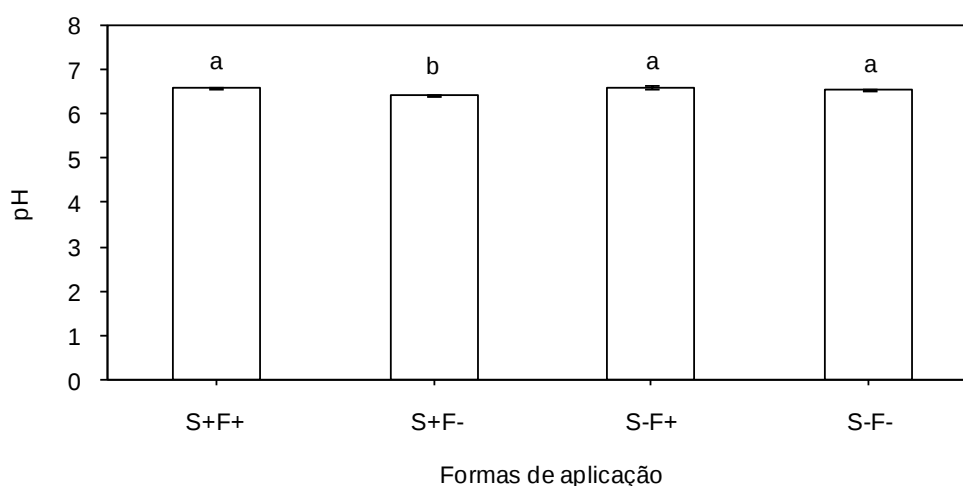


Figura 2. Potencial hidrogeniônico (pH) dos grãos de milho colhido em estágio leitoso em diferentes formas de aplicação do silicato de potássio.

*Médias dos tratamentos seguidas de letras diferentes na coluna representam que são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

A redução significativa encontrada nos valores médios do pH nos grãos provenientes da aplicação via solo (S+F-) demonstra que a forma de fornecimento do Si pode influenciar a composição química dos tecidos durante o enchimento dos grãos. O pH é um importante parâmetro de qualidade, pois está relacionado à estabilidade bioquímica, à atividade enzimática e ao metabolismo de compostos orgânicos presentes nos tecidos vegetais, influenciando diretamente as características sensoriais e a conservação pós-colheita (Chitarra; Chitarra, 2005).

A manutenção dos valores de pH próximos da neutralidade registrados no estudo é uma característica de grãos de milho colhidos no estágio leitoso, fase em que predominam elevada atividade

metabólica, intensa respiração e acúmulo de compostos de reserva. Nesse período, pequenas variações no pH podem refletir alterações no metabolismo de ácidos orgânicos, açúcares solúveis e compostos nitrogenados, processos que são influenciados pela disponibilidade de nutrientes (Taiz; Zeiger, 2024).

A menor média do pH observada no tratamento S+F- pode estar associada aos efeitos indiretos do Si sobre a absorção e o equilíbrio nutricional das plantas. O Si é reconhecido por favorecer a disponibilidade de nutrientes, modificar a rizosfera e reduzir os efeitos de elementos tóxicos das plantas (Mauad et al., 2016). Entretanto, a resposta depende da forma de aplicação, da disponibilidade do elemento no solo e da

capacidade de absorção da cultura, podendo resultar em alterações metabólicas distintas entre os tratamentos (Liang et al., 2015). Outro aspecto importante refere-se à interação entre o Si e o potássio presente na fonte utilizada. O potássio desempenha papel fundamental na regulação osmótica, no transporte de carboidratos e na ativação enzimática, processos diretamente relacionados ao enchimento dos grãos (Marschner, 2012). Dessa forma, modificações na disponibilidade desses nutrientes podem influenciar o metabolismo celular e, consequentemente, ocasionar pequenas variações no pH dos tecidos. Em morango, Miyake e Takahashi (1986), utilizando silicato de potássio via foliar, verificaram mudanças metabólicas na planta, tais como o aumento nos níveis de ácido cítrico e ácido málico. O pH e a acidez são fatores de extrema importância quando se analisa o nível de aceitação de um produto pelo consumidor, pois frutos excessivamente ácidos são rejeitados pelo consumidor (Borguini, 2002).

De modo geral, os valores de pH observados nos tratamentos ficaram dentro da faixa normalmente relatada para grãos de milho verde, indicando que a aplicação de silicato de potássio não promoveu alterações expressivas na acidez do produto. Esse desempenho sugere que o emprego do Si, independentemente da forma de aplicação, não afetou as características químicas relacionadas à qualidade tecnológica dos grãos, preservando condições adequadas para o consumo *in natura* e para o processamento industrial.

A acidez titulável dos grãos de milho em estado leitoso foi significativamente influenciada pelas diferentes formas de aplicação do silicato de potássio (Figura 3). O tratamento com aplicação via foliar (S-F+) apresentou valor significativamente superior aos demais tratamentos. O tratamento controle (S-F-) e a aplicação de silicato de potássio via solo e foliar (S+F+) não deferiram significativamente (Figura 3).

Em contrapartida, os valores de acidez titulável para o tratamento com a aplicação de silicato de potássio via solo (S+F-) seguiu a mesma tendência da média obtida para o pH, registrando a menor média (Figura 3).

Os resultados obtidos para a acidez titulável indicam que a forma de aplicação do silicato de potássio interferiu no metabolismo dos ácidos orgânicos durante o desenvolvimento dos grãos. A maior acidez observada na aplicação foliar (S-F+) sugere que essa forma de fornecimento pode favorecer a manutenção da atividade metabólica dos tecidos no estágio leitoso, fase caracterizada por elevada respiração celular, intensa síntese de compostos orgânicos e acúmulo de reservas (Taiz; Zeiger, 2024). Nessa etapa do desenvolvimento, a concentração de ácidos orgânicos representa um importante indicativo da atividade fisiológica dos

grãos, sendo diretamente influenciada pelo metabolismo respiratório e pela translocação de fotoassimilados (Taiz; Zeiger, 2024).

O Si tem sido amplamente reconhecido por promover melhorias na eficiência fisiológica das plantas, aumentando a taxa fotossintética, reduzindo os danos causados por espécies reativas de oxigênio e preservando a integridade das membranas celulares (Liang et al., 2015; Frew et al., 2018). Esses efeitos favorecem a manutenção da atividade metabólica durante o enchimento dos grãos, podendo contribuir para maior síntese e acúmulo de compostos orgânicos, incluindo os ácidos responsáveis pela acidez titulável.

O incremento significativo obtido pela acidez titulável no tratamento S-F+, ainda pode estar relacionada, à rápida absorção do Si pelos tecidos aéreos, proporcionando uma resposta eficiente durante a fase reprodutiva. Embora a maior parte do Si seja absorvida naturalmente pelas raízes, aplicações foliares podem complementar seu fornecimento em períodos de elevada demanda metabólica, especialmente durante o enchimento dos grãos, contribuindo para maior eficiência fotossintética e melhor distribuição de assimilados (Ma; Yamaji, 2015). Como consequência, há maior manutenção do metabolismo celular, refletindo em maiores concentrações de ácidos orgânicos nos tecidos.

Por outro lado, a redução significativa na acidez titulável observada no tratamento S+F- pode indicar uma utilização mais intensa dos ácidos orgânicos como substrato respiratório ou uma aceleração do processo de maturação fisiológica dos grãos. Durante o enchimento, parte dos ácidos orgânicos é consumida na respiração celular ou convertida em açúcares e outros compostos estruturais, ocasionando redução gradual da acidez conforme o avanço do desenvolvimento (Chitarra; Chitarra, 2005). Assim, diferenças na disponibilidade de Si podem alterar a intensidade desses processos metabólicos.

Do ponto de vista tecnológico, a acidez titulável constitui um importante parâmetro da qualidade físico-química, uma vez que pode influenciar o sabor, a estabilidade bioquímica e a conservação pós-colheita dos produtos vegetais (Chitarra; Chitarra, 2005). No milho em estágio de grão leitoso, os valores encontrados no presente estudo estão associados à manutenção do frescor e das características sensoriais, sem comprometer a aceitabilidade pelo consumidor (Chitarra; Chitarra, 2005). Dessa forma, embora o tratamento foliar tenha promovido aumento da acidez titulável, os valores observados permaneceram dentro da faixa normalmente descrita para grãos colhidos no estágio leitoso, indicando que a aplicação de silicato de potássio não comprometeu a qualidade tecnológica do produto.

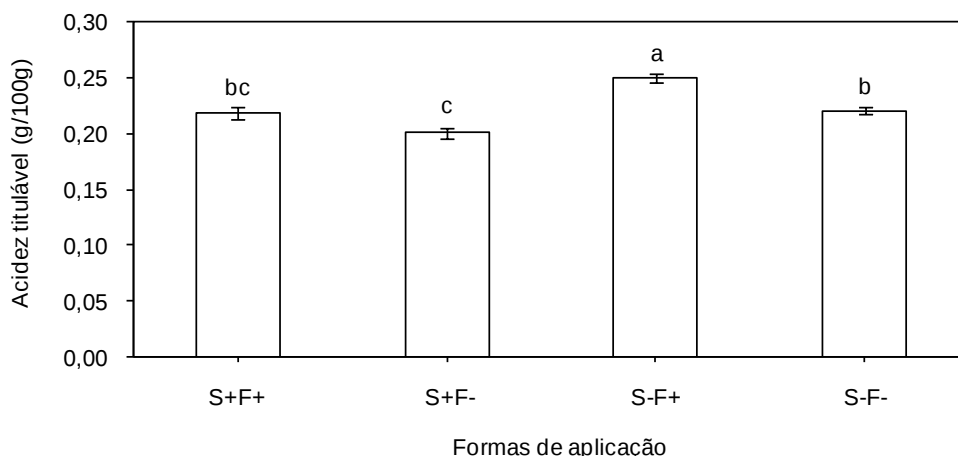


Figura 3. Acidez titulável (g/100g) dos grãos de milho colhido em estágio leitoso em diferentes formas de aplicação do silicato de potássio.

*Médias dos tratamentos seguidas de letras diferentes na coluna representam que são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

Os teores de sólidos solúveis dos grãos em estágio leitoso foram significativamente influenciados pelas diferentes formas de aplicação do silicato de potássio (Figura 4). O tratamento com aplicação de silicato de potássio via solo (S+F-) apresentou redução significativamente comparação aos demais tratamentos. Por outro lado, os tratamentos S+F+, S-F+ e controle (S-F-) não apresentaram diferenças entre as médias. Estes resultados evidenciam que a aplicação do Si via solo, pode reduzir o acúmulo de sólidos solúveis nos grãos colhidos no estágio leitoso. E ainda pode estar relacionado ao efeito do Si sobre a fisiologia da planta e a dinâmica de utilização dos fotoassimilados. Segundo Ma e Yamaji (2015), embora o Si aumente a eficiência fotossintética e favoreça o transporte de assimilados, sua resposta depende da forma de aplicação, da disponibilidade do elemento e das condições de cultivo. Dessa forma, parte dos carboidratos produzidos pode ter sido direcionada preferencialmente para o crescimento estrutural ou para o enchimento dos grãos, reduzindo a concentração relativa de açúcares solúveis no tratamento com aplicação via solo. Outro aspecto que pode explicar os resultados refere-se ao papel do potássio presente na fonte utilizada. O potássio é um dos principais nutrientes envolvidos na fotossíntese, na síntese de carboidratos e no transporte de açúcares pelo floema, sendo essencial para o enchimento dos grãos (Marschner, 2012). Entretanto, quando associado ao Si, a resposta fisiológica pode variar conforme a disponibilidade do elemento no solo e sua absorção pelas raízes. Mauad et al. (2016) destacam que o Si modifica a dinâmica nutricional das plantas e pode favorecer o aproveitamento de outros nutrientes, mas os efeitos sobre a qualidade química dos produtos agrícolas nem sempre são lineares.

Os sólidos solúveis, expressos em °Brix representam a concentração de açúcares solúveis, embora também incluam pequenas quantidades de ácidos orgânicos, aminoácidos e compostos solúveis presentes nos tecidos vegetais (Chitarra; Chitarra, 2005). Em milho verde, esse parâmetro está diretamente relacionado à qualidade sensorial, uma vez que elevados teores de açúcares conferem maior doçura, suculência e aceitação pelo consumidor (Favarato et al., 2016). Assim, diferenças observadas entre os tratamentos refletem alterações no metabolismo de carboidratos durante o enchimento dos grãos.

A ausência de diferenças significativas entre as médias do tratamento controle (S-F-) e os que receberam silicato de potássio via foliar (S-F+) ou de forma combinada (S+F+) sugere que, nas condições experimentais, a aplicação foliar foi suficiente para manter os teores de sólidos solúveis em níveis semelhantes aos observados na ausência de aplicação. Esse resultado demonstra que o Si não promoveu aumento expressivo da concentração de açúcares, mas também não prejudicou a qualidade dos grãos quando aplicado por pulverização foliar.

Sob o ponto de vista tecnológico, os valores observados indicam que todos os tratamentos apresentaram teores de sólidos solúveis compatíveis com grãos de milho colhidos no estágio leitoso, mantendo características desejáveis para o consumo *in natura* e para a industrialização. Conforme descrito por Chitarra e Chitarra (2005), grãos destinados ao mercado de milho verde apresentam melhor qualidade quando colhidos nessa fase, pois combinam elevada umidade, textura macia e concentrações adequadas de açúcares solúveis.

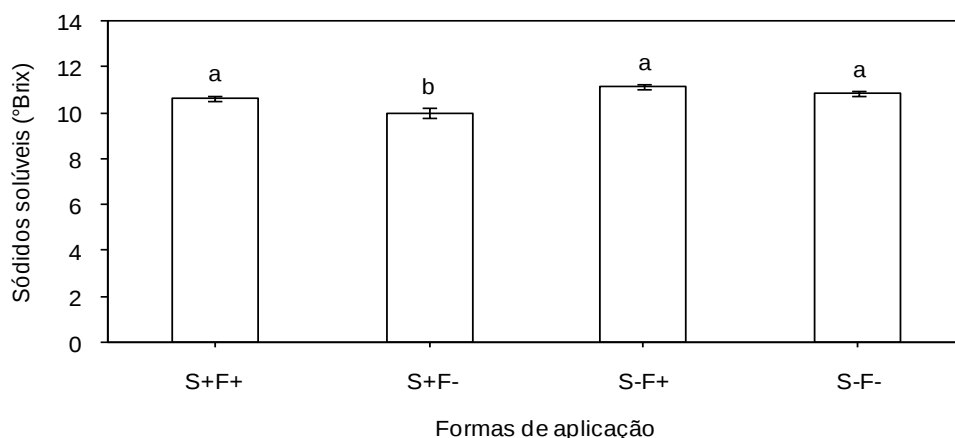


Figura 4. Sólidos solúveis (°Brix) dos grãos de milho colhido em estágio leitoso em diferentes formas de aplicação do silicato de potássio.

*Médias dos tratamentos seguidas de letras diferentes na coluna representam que são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

Os teores de proteína total dos grãos de milho em estágio leitoso não foram influenciados pelas diferentes formas de aplicação do silicato de potássio (Figura 5). Observa-se que não foram observadas diferenças significativas entre as médias dos tratamentos, indicando que tanto a aplicação via solo quanto a aplicação foliar, isoladas ou combinadas, não promoveram alterações significativas na concentração protéica dos grãos colhidos no estágio leitoso. Esse resultado demonstra que, nas condições experimentais, o fornecimento de silicato de potássio não modificou de forma expressiva o metabolismo do nitrogênio, nem o acúmulo de proteínas de reserva nos grãos.

Mudanças metabólicas foram observadas por Al-Aghabary et al. (2004), na qual a adição de Si resultou em aumento no teor de proteínas em 13,3% em frutos de tomate, comparado ao tratamento sem Si. O mesmo não foi observado por Ferreira (2016) em milho doce, onde a aplicação de Si não foi capaz de alterar o teor de proteínas, corroborando os resultados encontrados no presente estudo.

A síntese de proteínas nos grãos depende, principalmente, da disponibilidade de nitrogênio, da eficiência de absorção desse nutriente e da capacidade de assimilação pelas plantas durante o enchimento dos grãos (Marschner, 2012). Embora o Si possa favorecer o crescimento vegetal e melhorar a absorção de alguns nutrientes, seus efeitos sobre o metabolismo do nitrogênio são predominantemente indiretos e variam de acordo com a espécie, a fonte utilizada, a dose aplicada e as condições ambientais (Liang et al., 2015; Coskun et al., 2019). Dessa forma, a ausência de diferenças significativas entre as médias sugere deduzir que a disponibilidade de nitrogênio durante o ciclo da cultura provavelmente foi suficiente para atender às exigências das plantas, reduzindo a possibilidade de resposta à aplicação de silicato de potássio. Segundo Coskun et al. (2019), a resposta do metabolismo do nitrogênio ao Si é dependente da

ocorrência de fatores limitantes ao desenvolvimento das plantas. Em condições de estresse hídrico, salino ou nutricional, o elemento pode aumentar a atividade de enzimas relacionadas à assimilação de nitrogênio, contribuindo para maior síntese de aminoácidos e proteínas. Entretanto, quando as plantas são cultivadas em ambiente favorável, como em casa de vegetação com adequado manejo hídrico e nutricional, como realizados no presente estudo, esses efeitos tendem a ser menos pronunciados.

Além disso, deve-se considerar que os grãos foram colhidos no estágio leitoso, fase caracterizada pelo intenso acúmulo de açúcares solúveis e pela formação inicial das proteínas de reserva. Nesse estágio fenológico, a composição química dos grãos ainda se encontra em desenvolvimento, e alterações promovidas por práticas de manejo podem ser menos evidentes do que aquelas observadas na maturidade fisiológica (Favarato et al., 2016; Taiz; Zeiger, 2024).

Os teores de lipídeos dos grãos de milho em estágio leitoso foram significativamente influenciados pelas diferentes formas de aplicação do silicato de potássio (Figura 6). O tratamento com aplicação conjunta, via solo e folha (S+F+), apresentou média significativamente superior aos demais tratamentos. Já os tratamentos S+F-, S-F+, e controle (S-F-) não apresentaram diferenças significativas entre as médias.

O incremento observado no tratamento S+F+ indica que a aplicação simultânea de Si pelas duas vias, solo e folha, pode favorecer processos fisiológicos relacionados ao metabolismo lipídico durante o enchimento dos grãos. Embora o Si não participe diretamente da biossíntese de lipídeos, estudos demonstram que esse elemento melhora a eficiência fotossintética, aumenta a produção de fotoassimilados e reduz os danos oxidativos às membranas celulares, favorecendo a disponibilidade de carbono para a síntese de compostos de

reserva, incluindo os lipídeos (Epstein, 1999; Liang et al., 2015).

O efeito positivo da aplicação combinada de silicato de potássio (S+F+) pode estar relacionado ao fornecimento contínuo de Si ao longo do ciclo da cultura. Enquanto a aplicação via solo proporciona absorção radicular durante o desenvolvimento vegetativo, a pulverização foliar pode complementar

o suprimento do elemento em fases de elevada demanda fisiológica, como o florescimento e o enchimento dos grãos. Essa estratégia pode contribuir para a manutenção da atividade fotossintética e do balanço energético da planta, favorecendo o acúmulo de compostos de reserva (Ma; Yamaji, 2015).

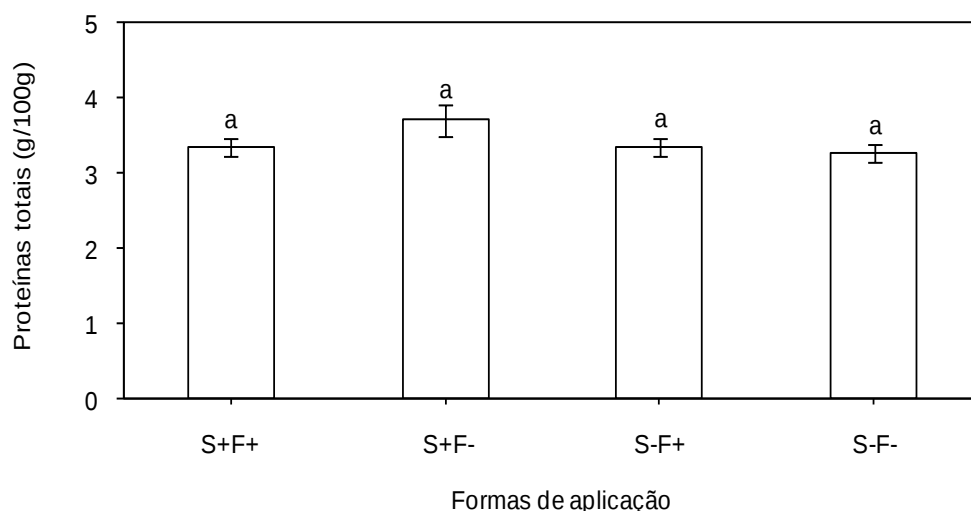


Figura 5. Proteína total (g/100g) dos grãos de milho colhido em estágio leitoso em diferentes formas de aplicação do silicato de potássio.

*Médias dos tratamentos seguidas de letras diferentes na coluna representam que são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

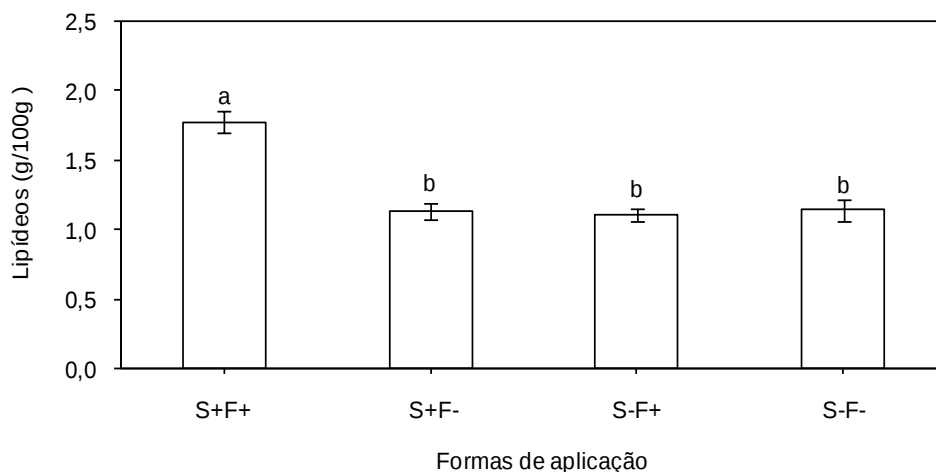


Figura 6. Lipídeos (g/100g) dos grãos de milho colhido em estágio leitoso em diferentes formas de aplicação do silicato de potássio.

*Médias dos tratamentos seguidas de letras diferentes na coluna representam que são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

Além disso, o Si atua na preservação da integridade das membranas celulares e no fortalecimento do sistema antioxidante, reduzindo a peroxidação lipídica causada por espécies reativas de oxigênio (Coskun et al., 2019). Dessa forma, além de favorecer a síntese de lipídeos, o elemento

pode contribuir para sua maior estabilidade durante o desenvolvimento dos grãos, especialmente em períodos de maior atividade metabólica.

Do ponto de vista nutricional, os lipídeos representam importante componente nutricional no milho, pois constituem uma das principais reservas

energéticas dos grãos e contribuem para características sensoriais e tecnológicas dos produtos derivados. Embora o milho verde apresente menor teor lipídico quando comparado aos grãos fisiologicamente maduros, pequenas variações nessa fração podem refletir diferenças na eficiência do enchimento dos grãos e no metabolismo dos compostos de reserva (Chitarra, 2005).

Conclusões

A aplicação de silicato de potássio promoveu alterações nos atributos físico-químicos dos grãos de milho verde, com respostas dependentes da forma de aplicação. A aplicação foliar (S-F+) favoreceu a manutenção da umidade dos grãos e da acidez titulável, enquanto a aplicação via solo (S+F-) reduziu os valores de pH, acidez titulável e sólidos solúveis, sem comprometer a qualidade dos grãos. Por sua vez, a aplicação combinada via solo e folha (S+F+) proporcionou maior teor de lipídeos nos grãos.

Esses resultados evidenciam que a estratégia de fornecimento do silicato de potássio influenciou a qualidade físico-químicas dos grãos, destacando a necessidade de estudos complementares para otimizar seu manejo em diferentes condições de cultivo.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil, concedendo bolsas de iniciação científica aos alunos: Isabel Perazzoli (Edital n. 05-2025/2026-PIBIC-EM), Gustavo Zago (Edital n. 06-2025/2026-PIBIC), Laura Rigo (Edital n. 07-2025/2026-PIBIC-Af) e Isadora Berton Perosa (Edital n. 08-2025/2026-PIBITI).

Referências

ABREU, S. A. H. et al. Light availability at the dry and rainy seasons in agrossivicultural system under different fertilizations. *Scientific Electronic Archives*, v. 10, n. 1, p. 13–19, 2017. DOI: <https://doi.org/10.36560/1012017313>.

ADREES, M. et al. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of heavy metal toxicity in plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 119, p. 186–197, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.05.011>.

AL-AGHABARY, K.; ZHU, Z.; SHI, Q. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, v. 12, n. 1, p. 2101–2115, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1081/PLN-200034641>.

ANDRADE, R. A. et al. Cultural treatments in pineapple crop. Management for high yield – Review. *Scientific Electronic Archives*, v. 14, n. 12, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36560/141220211487>.

BAKHAT, H. F. et al. Silicon mitigates biotic stresses in crop plants: A review. *Crop Protection*, v. 104, p. 21–34, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.008>.

BARBOSA DA SILVA, J. H. et al. Uso de bioestimulantes na cultura do milho (*Zea mays* L.): uma revisão. *Scientific Electronic Archives*, v. 16, n. 5, 2023. DOI: <https://doi.org/10.36560/16520231664>.

BERNINI, C. S. et al. Parâmetros genéticos de progênies interpopulacionais de milho para caracteres relacionados com tolerância à seca. *Scientific Electronic Archives*, v. 14, n. 9, 2021.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, v. 37, n. 8, p. 911–917, 1959. DOI: <https://doi.org/10.1139/o59-099>.

BORGUINI, R. G. Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) orgânico: o conteúdo nutricional e opinião do consumidor. 2002. 110 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2016. 376 p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Primeiro levantamento da safra 2023/24. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimasnoticias/5211-primeiro-levantamento-dasafra-2023-24-traz-uma-estimativa-de-producao-de-317-5-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 17 fev. 2025.

COSKUN, D. et al. The controversies of silicon's role in plant biology. *New Phytologist*, v. 221, p. 67–85, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.15343>.

DAN TATAGIBA, S. et al. Aplicação de silício via foliar e no solo sobre o crescimento e produção do milho verde. *Scientific Electronic Archives*, v. 19, n. 4, p. 1–11, 2026. DOI: <https://doi.org/10.36560/19420262239>.

DORDAS, C. Foliar application of calcium and magnesium improves growth, yield and essential oil yield of orégano (*Origanum vulgare* ssp *hirtum*). *Industrial Crops and Products*, v. 29, p. 599–608, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/a>

- [bs/pii/S0926669008002318](https://doi.org/10.1590/1678-4499.549). Acesso em: 20 jul. 2026.
- DUARTE, E. C. C. et al. Manejo de herbicidas no controle de plantas daninhas e sua influência no crescimento e produção do milho híbrido AG 1051. *Revista AGROTEC*, v. 37, n. 1, p. 71-80, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.25066/agrotec.v37i1.29718>.
- DUARTE, J. P.; RUFF, O. J.; SANTOS, C. L. R. dos. Inoculação de milho com inoculante à base de *Azospirillum brasilense* sob doses de nitrogênio em solo arenoso. *Scientific Electronic Archives*, v. 14, n. 8, 2021.
- EPSTEIN, E. Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v. 50, n. 3, p. 641-664, 1999.
DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.50.1.641>.
- FAVARATO, L. F. et al. Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. *Bragantia*, v. 75, n. 4, p. 497-506, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.549>.
- FERREIRA, D. C. A. Qualidade pós-colheita de milho doce pulverizado com silício e submetido ao déficit hídrico. 2016. 36 f. Dissertação (Mestrado profissional em Olericultura) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Morrinhos, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/84>. Acesso em: 20 jul. 2026.
- FIGUEIREDO, F. C. et al. Pulverização foliar e fertirrigação com silício nos atributos físico-químicos de qualidade e índices de coloração do morango. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1306-1311, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufla.br/items/9ab552b8-e4d1-4bc6-b957-1417389fd46a>. Acesso em: 20 jul. 2026.
- FREIRE, A. G. et al. Qualidade de cultivares de alface produzida em condições salinas. *Revista Caatinga*, v. 22, n. 4, p. 81-88, 2009.
- FREIRE, J. C. et al. Respostas do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras (MG). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 4, n. 1, p. 5-8, 1980.
- FREW, A. et al. The role of silicon in plant biology: a paradigm shift in research approach. *Annals of Botany*, v. 121, n. 7, p. 1265-1273, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcy009>.
- GONÇALVES, P. A. de S. Manejo de solos e a nutrição de plantas e sua relação com a ocorrência de pragas. *Scientific Electronic Archives*, v. 14, n. 6, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36560/14620211301>.
- GUNTZER, F.; KELLER, C.; MEUNIER, J. D. Benefits of plant silicon for crops: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 32, p. 201-213, 2012. Disponível em: <https://scispace.com/pdf/benefits-of-plant-silicon-for-crops-a-review-4ls0al32dw.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2026.
- HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P. Utilização de biofilmes na conservação pós-colheita de morango (*Fragaria ananassa* Duch) cv IAC Campinas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 19, n. 2, 1999.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Perda por dessecação à vácuo. In: Métodos químicos e físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2004. p. 99.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Micro Kjeldahl. In: Métodos químicos e físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2004. p. 123-125.
- LIANG, Y. et al. Silicon in Agriculture: From Theory to Practice. Dordrecht: Springer, 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-017-9978-2>. Acesso em: 20 jul. 2026.
- LUZ, J. M. Q. et al. Produtividade de genótipos de milho doce e milho verde em intervalos de colheita. *Revista Ceres*, v. 62, n. 1, p. 18, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000200007>.
- MA, J. F.; YAMAJI, N. A cooperative system of silicon transport in plants. *Trends in Plant Science*, v. 20, n. 7, p. 435-442, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.04.007>.
- MARSCHNER, P. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3. ed. London: Academic Press, 2012. 651 p.
- MAUAD, M. et al. Effects of silicon and drought stress on biochemical characteristics of leaves of upland rice cultivars. *Revista Ciência Agronômica*, v. 47, n. 3, p. 1-8, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufc.br/revistacienciaagronomica/article/view/84651>. Acesso em: 20 jul. 2026.
- MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth and fruit production of strawberry plants in a solution culture. *Soil Science Plant Nutrition*, v. 32, p. 321-326, 1986.
- NOLLA, A. et al. Characterization and potential of organic and mineral phosphate fertilizer used in the annual agriculture. *Scientific Electronic Archives*, v.

11, n. 3, p. 6–15, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.36560/1132018509>.

PEREIRA, C. S. et al. Urease inhibitor on performance of corn hybrids in second crop in Sinop-MT. Scientific Electronic Archives, v. 13, n. 6, p. 40–45, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.36560/13620201087>.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Colheita, transporte e comercialização. In: PEREIRA FILHO, I. A. (ed.). O cultivo do milho verde. Brasília: Embrapa, 2003. cap. 11, p. 183-194. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/487238>. Acesso em: 20 jul. 2026.

RIOS, A. D. F.; SANTOS, M. P.; BUSO, W. H. D. Indutores de resistência incrementam a produtividade e reduzem severidade da ferrugem na cultura do milho. Scientific Electronic Archives, v. 15, n. 7, 2022.

RODRIGUES DA SILVA, R. G. S. et al. Rotação de cultura com o uso de adubação verde no plantio de milho: uma possível alternativa para aumento de produção e diminuição dos custos com adubação mineral. Scientific Electronic Archives, v. 17, n. 6, 2024. DOI: <https://doi.org/10.36560/17620242012>.

RODRIGUES MONTEIRO, J. et al. Evaluation of the sanitary and physiological quality of corn seeds (*Zea mays*) submitted to treatment with bioextracts and their binary combinations. Scientific Electronic Archives, v. 17, n. 3, 2024.
DOI: <https://doi.org/10.36560/17320241920>.

SILVA, E. M. et al. Behavior of super early corn crops in the first harvest in the Cerrado. Scientific Electronic Archives, v. 12, n. 2, p. 32–41, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.36560/1222019655>.

SILVA, V. L. et al. Herbicides ACCase interaction and ALS with glyphosate on corn tiguera control RR. Scientific Electronic Archives, v. 11, n. 4, p. 24–30, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.36560/1142018524>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2024. 864 p.

USDA - United States Department of Agriculture. National agriculture statistic service, 2022. Disponível em: https://nass.usda.gov/Statistic_by_Subject/index.php?sector=CROPS. Acesso em: 11 fev. 2025.