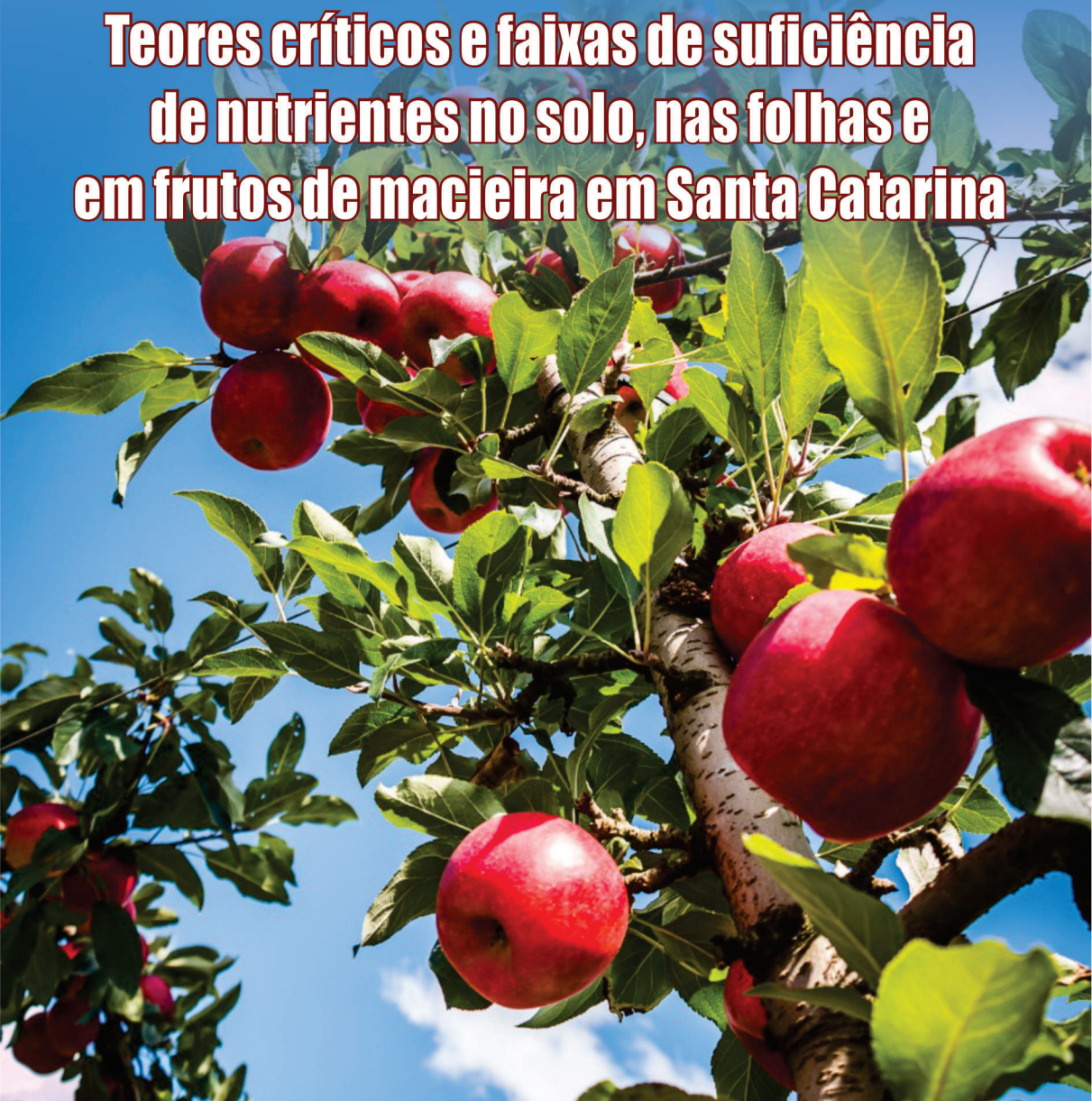


Teores críticos e faixas de suficiência de nutrientes no solo, nas folhas e em frutos de macieira em Santa Catarina





Governador do Estado
Jorginho dos Santos Mello

Secretário de Estado da Agricultura
Admir Edi Dalla Cort

Presidente da Epagri
Dirceu Leite

Diretores

Andréia Meira
Ensino Agrotécnico

Jurandi Teodoro Gugel
Desenvolvimento Institucional

Fabírcia Hoffmann Maria
Administração e Finanças

Gustavo Gimi Santos Claudino
Extensão Rural e Pecuária

Everton Blainski
Ciência, Tecnologia e Inovação



ISSN 2674-9513 (*On-line*)

Maio/2026

BOLETIM TÉCNICO Nº 231

Teores críticos e faixas de suficiência de nutrientes no solo, nas folhas e em frutos de macieira em Santa Catarina

Leandro Hahn
Thyana Lays Brancher
Gilmar Luiz Mumbach
Danilo Eduardo Rozane
Jean Michel Moura-Bueno
Eduardo Maciel Haitzmann dos Santos
Talita Trapp
Douglas Luiz Grando
Djalma Eugênio Schmitt
Antonio João de Lima Neto
Gustavo Brunetto



**Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
Florianópolis
2026**

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)
Rodovia Admar Gonzaga, 1.347, Itacorubi, Caixa Postal 502
88034-901 Florianópolis, Santa Catarina, Brasil
Fone: (48) 3665-5000
Site: www.epagri.sc.gov.br

Editado pelo Departamento Estadual de Marketing e Comunicação (Epagri/DEMC)

Revisores *ad hoc*: Dr. Gilberto Nava
Dr. Rafael Goulart Machado

Editoria técnica: Andrey Martinez Rebelo
Revisão textual: Laertes Rebelo e Maria Luíza Chaves
Diagramação: Vilton Jorge de Souza

Assessoria técnico-científica: Leandro do Prado Ribeiro, José Alexandre Freitas Barrigossi,
Elisangela Gomes Fidelis

Edição (*on-line*): 2026

É permitida a reprodução parcial deste trabalho desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica

S231t Santa Catarina. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina.

Teores críticos e faixas de suficiência de nutrientes no solo, nas folhas e em frutos de macieira em Santa Catarina / Epagri; Organizado por Leandro Hahn. – Florianópolis : Epagri, 2026.

28 p. : il. ; color. – (Boletim Técnico; n. 231).

Inclui referências

ISSN 2674-9513 - *On-line*

1. Fitotécnica. 2. Maçã. 3. Fruticultura de clima temperado. 4. Produtividade. 5. Fertilizantes. 6. Epagri. I. Hahn, Leandro (org.). II. Brancher, Thyana Lays. III. Mumbach, Gilmar Luiz. IV. Rozane, Danilo Eduardo. V. Moura-Bueno, Jean Michel. VI. Santos, Eduardo Maciel Haitzmann dos. VII. Trapp, Talita. VIII. Grandó, Douglas Luiz. IX. Schmitt, Djalma Eugênio. X. Lima Neto, Antonio João de. XI. Brunetto, Gustavo. XII. Título.

CDD: 634.11

Elaborado por: Bibliotecária Rafaela Rocha Rabelo CRB-14/1934

AUTORES

Leandro Hahn

Engenheiro-agrônomo, Dr.

Epagri, Estação Experimental de Urussanga

Rodovia SC-108, km 353, 1563 - bairro Estação, CEP: 88840-000

Urussanga, SC

leandrohahn@epagri.sc.gov.br

Thyana Lays Brancher

Biotecnologista, Dra.

Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP)

Rua Victor Baptista Adami, 800 - Centro, CEP: 89500-199

Caçador, SC

thyanabrancher@gmail.com

Gilmar Luiz Mumbach

Engenheiro-agrônomo, Dr.

Epagri, Estação Experimental de Caçador

R. Abílio Franco, 1500 - Bom Sucesso, CEP: 89501-032

Caçador, SC

gilmarmumbach@epagri.sc.gov.br

Danilo Eduardo Rozane

Engenheiro-agrônomo, Dr.

Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira (Unesp FCAV), Campus Registro

Av. Nelson Brihi Badur, 430 – Bairro: Vila Tupi, CEP: 11.900-000

Registro, SP

danilo.rozane@unesp.br

Jean Michel Moura-Bueno

Engenheiro-agrônomo, Dr.

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ)

Av. Roraima nº 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, CEP: 97105-900

Santa Maria, RS

bueno.jean1@gmail.com

Eduardo Maciel Haitzmann dos Santos

Engenheiro-agrônomo, Dr.

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

R. dos Funcionários, 1540 - Cabral, CEP: 80035-050

Curitiba, PR

eduardomhs@yahoo.com.br

Talita Trapp

Engenheira-agrônoma, Dra.
Epagri, Escritório Municipal de Mafra
Mafra, SC
talitatrapp@epagri.sc.gov.br

Douglas Luiz Grando

Engenheiro-agrônomo, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Campus Curitibanos e
Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP) - Caçador
Rodovia Ulysses Gaboardi, 3000, CEP: 89520-000
Curitibanos, SC
douglas.agn@hotmail.com

Djalma Eugênio Schmitt

Engenheiro-agrônomo, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Campus Curitibanos
Rodovia Ulysses Gaboardi, 3000, CEP: 89520-000
Curitibanos, SC
djalma.schmitt@ufsc.br

Antonio João de Lima Neto

Engenheiro-agrônomo, Dr.
Universidade Federal do Ceará (UFC)
Av. Mister Hull, 2977, Campus do Pici, CEP: 60356-000
Fortaleza, CE
antonio.joao@ufc.br

Gustavo Brunetto

Engenheiro-agrônomo, Dr.
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM),
Av. Roraima nº 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, CEP: 97105-900
Santa Maria, RS
brunetto.gustavo@gmail.com

Apresentação

A produção de maçãs no Brasil é uma atividade altamente dependente de variáveis climáticas e da disponibilidade de nutrientes no solo. A alta produtividade e adequada qualidade dos frutos estão associadas ao equilíbrio nutricional das plantas, o que poderá garantir a conservação dos frutos após a colheita e, inclusive, a possibilidade de exportação. Em conjunto, esses fatores fazem com que a atividade dependa intensamente de tecnologias voltadas ao aprimoramento do sistema produtivo.

Um dos caminhos para atender à demanda do setor produtivo é estabelecer os teores críticos e as faixas de suficiência de nutrientes no solo e no tecido foliar. Isso pode ser conseguido por meio da construção de banco de dados com longo tempo de avaliação, nas principais regiões produtoras de maçãs no estado de Santa Catarina. Esses valores podem ser calculados para diferentes condições edafoclimáticas e práticas de manejo, tornando assim as recomendações mais precisas.

Essa publicação apresenta uma atualização nos valores de referência nutricional para macieiras cultivadas no estado de Santa Catarina. São informações que visam contribuir para o aumento da produtividade, a melhoria da qualidade de frutos e a redução dos impactos ambientais devido ao uso mais eficiente de fertilizantes.

A Diretoria Executiva

Sumário

Apresentação	5
1 Introdução.....	7
2 Por que definir teores críticos e faixas de nutrientes no solo e nas plantas?	8
3 Como definir teores críticos e faixa de nutrientes no solo e nas plantas?	10
3.1 DRIS	10
3.2 CND.....	11
3.3 Método da Linha de Fronteira	12
4 Banco de dados e avaliações	13
4.1 Regiões e cultivares	13
4.2 Amostragem e análise de solo.....	14
4.3 Amostragem e análise foliar	14
4.4 Amostragem, avaliação de frutos e produtividade.....	15
4.5 Análise estatística	16
5 Valores de referência de nutrientes no solo	16
6 Valores de referência de nutrientes nas folhas.....	18
7 Valores de referência de nutrientes nos frutos.....	21
8 Considerações finais	24
Agradecimentos	24
Referências.....	25

1 Introdução

O estado de Santa Catarina (SC) apresenta condições edafoclimáticas que atendem, na maioria das safras, às necessidades ecofisiológicas das plantas de macieira, para obter altos rendimentos e frutos de qualidade. Isso faz com que SC seja o maior produtor de maçãs do Brasil. Além disso, o Estado possui uma grande diversidade de solos (Latosolos, Nitossolos, Cambissolos e Neossolos), que apresentam, em suas condições naturais, concentrações médias a altas de matéria orgânica (MO), alta acidez e baixa disponibilidade de fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Por outro lado, a maior parte desses solos sob cultivo de macieiras apresenta adequada disponibilidade de potássio (K) e micronutrientes.

Em algumas regiões do Estado, como o Planalto Sul (São Joaquim, Urupema, Bom Jardim da Serra, Painel, Urubici e Bom Retiro), predominam solos rasos e pedregosos (principalmente os Cambissolos e Neossolos), características que podem ser limitantes para o cultivo da macieira. Isso pode dificultar operações de preparo inicial e correção da fertilidade do solo em profundidade, bem como comprometer o crescimento radicular, fazendo com que as plantas apresentem exploração superficial do solo. Assim, as concentrações críticas de disponibilidade de nutrientes no solo e os teores que indicam o adequado balanço de nutrientes na parte aérea podem ser diferentes entre locais com solos rasos, quando comparadas com as de solos mais profundos (Latosolos e Nitossolos) como os do Meio-Oeste (Fraiburgo, Monte Carlo, Lebon Régis, Santa Cecília, Caçador e Videira).

A partir do momento em que o pomar inicia a produção, passa-se a realizar a adubação de produção ou manutenção (Suzuki; Basso, 1997). A adubação de produção visa manter a fertilidade do solo construída antes do plantio do pomar e durante o crescimento das plantas, bem como repor as quantidades dos nutrientes extraídos e exportados com a colheita e as perdas ou indisponíveis devido às reações químicas que ocorrem no solo. Os nutrientes e as quantidades a serem aplicadas são definidos a partir de análises do solo, foliares e, quando possível, dos frutos. Além disso, devem ser considerados fatores como a idade das plantas, as produtividades obtidas nas últimas safras, o vigor dos ramos da variedade-copa e do porta-enxerto e o sistema de condução.

Para orientar as práticas de adubação, é necessário gerar valores de referência nutricional que permitem, a partir de laudos de análise de solo, folha e frutos, definir as condições de fertilidade do solo e o estado nutricional das plantas (Nava *et al.*, 2010). Porém, diante da grande diversidade de solos, locais e modificações no clima, a definição desses valores nem sempre é fácil de ser obtida. Assim, um banco de dados, além de

englobar diversas safras, análises de solo, de tecidos foliares e frutos e produtividade das regiões produtoras de maçã de SC, permite, por meio da modelagem estatística, gerar valores de referência que podem ser mais adequados às condições locais. Isso aumenta a precisão do sistema de recomendação e melhora a eficiência do aproveitamento de nutrientes.

Este Boletim Técnico tem como objetivo apresentar valores de referência de disponibilidade de nutrientes no solo, teores de nutrientes na folha e nos frutos de macieira para as duas regiões produtoras de maçã de Santa Catarina. Tais informações são fundamentais para que os pomicultores possam atingir ótimas produtividades e frutos de qualidade superior.

2 Por que definir teores críticos e faixas de nutrientes no solo e nas plantas?

A definição de valores de referência de nutrientes no solo e no tecido foliar da macieira é fundamental para orientar o manejo nutricional dos pomares, a fim de suprir as demandas nutricionais e fisiológicas das plantas e atingir elevadas produtividades, sem causar danos ambientais.

A análise química é a principal ferramenta para o diagnóstico da fertilidade do solo e para o estabelecimento da necessidade de correção e adubação dos pomares de macieira. Mas o solo é um meio complexo, heterogêneo e nele ocorrem inúmeras reações químicas, físico-químicas e microbiológicas que influenciam a disponibilidade e o aproveitamento dos nutrientes. Os tecidos das plantas, por sua vez, mostram o seu estado nutricional num dado momento, de modo que a análise foliar, aliada à análise do solo, permite o diagnóstico mais eficiente do estado nutricional da macieira e das necessidades de alterações no programa de adubação.

Na folha ocorrem os principais processos metabólicos, especialmente a fotossíntese e a respiração celular, sendo portanto o órgão que melhor reflete o estado nutricional da planta. Os resultados da análise foliar permitem comprovar se a nutrição fornecida às plantas está sendo eficiente, possibilitando identificar possíveis problemas nutricionais, como deficiência ou excesso de nutrientes, que podem causar desbalanços nutricionais. Além disso, permite o diagnóstico rápido da necessidade ou não de suplementação de fertilizantes, visto que as condições nutricionais da planta e a definição de adubações utilizando critérios técnicos são realizadas a partir das análises conjuntas do solo e do tecido foliar.

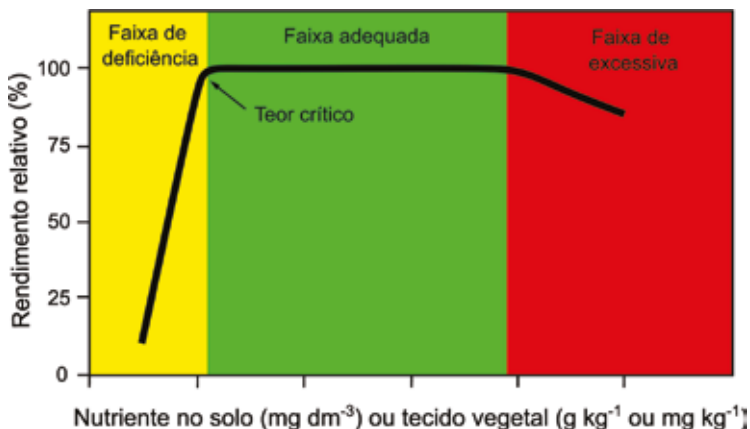
A relação entre a disponibilidade de um nutriente no solo ou tecido vegetal e o rendimento de uma cultura pode ser visualizada na Figura 1. Na *Faixa de Deficiência*, a disponibilidade do nutriente no solo e/ou no tecido vegetal não permite o máximo rendimento da cultura e sintomas visuais de deficiência são observados. À medida que aumenta a concentração do nutriente no solo e/ou tecido vegetal, a produtividade aumenta rapidamente no início (tendendo a uma resposta linear) e estes aumentos tornam-se cada vez menores até atingir um “platô”, quando não há mais respostas. Este pico é denominado de nível crítico ou teor crítico. A concentração do nutriente é definida quando se obtém 90% do rendimento relativo máximo da cultura.

A concentração do nutriente no solo e/ou no tecido vegetal poderá continuar a aumentar sem que haja uma variação na produção. Esta *Faixa Adequada* corresponde ao estado de suficiência nutricional no solo e/ou na planta, ainda que, além do rendimento máximo, algum consumo de luxo possa ocorrer. Na prática, o aumento da concentração de nutrientes no solo e/ou do teor na planta aumenta o custo de produção do cultivo, pois não se tem retorno em aumento da produção. Além disso, é possível encontrar dois pomares com teores foliares ou concentrações de nutrientes no solo significativamente diferentes e produções iguais.

Quando a concentração do nutriente no solo e/ou o teor na planta atinge um valor a partir do qual ocorre diminuição do rendimento, denomina-se de *Faixa Excessiva*. Nesta faixa, além do desequilíbrio nutricional, o excesso do nutriente pode causar a contaminação do solo e da água.

Entendendo como ocorre a dinâmica da relação entre o rendimento (crescimento ou produtividade) e o teor de nutrientes no solo ou tecido vegetal, percebe-se que é importante a obtenção de valores de referência para a tomada de decisão sobre a adubação dos pomares. Contudo, estudos recentes têm comprovado que esses valores de referência podem diferir entre regiões, devido às variações do solo e do clima que afetam o desenvolvimento das plantas (Rozane *et al.*, 2025). Além disso, diferentes variedades ou porta-enxertos apresentam comportamentos distintos, com diferentes capacidades na absorção e utilização de nutrientes e de produtividades. Tudo isso faz com que estudos busquem contemplar esses aspectos, além de se ajustarem aos diferentes sistemas de manejo dos pomares das regiões produtoras.

Figura 1 - Relação entre o rendimento relativo (crescimento ou produtividade) e o teor de nutrientes no solo ou tecido vegetal



Fonte: Adaptado de Taiz; Zeiger (2024).

3 Como definir teores críticos e faixa de nutrientes no solo e nas plantas?

Para atender as exigências nutricionais da macieira nas diferentes regiões produtoras, é preciso avançar no entendimento da fertilidade do solo e da nutrição de plantas. Isso requer muitos experimentos conduzidos a campo (calibração) e por diversas safras, o que é demorado e oneroso. Assim, uma alternativa é construir e analisar grandes bancos de dados compostos por análises de solo, tecido vegetal e produtividade, obtidos de pomares comerciais por várias safras. A partir dessas informações, é possível desenvolver valores de referência nutricional utilizando métodos como o *Diagnosis and Recommendation Integrated System* (DRIS), o *Compositional Nutrient Diagnosis* (CND) e/ou a linha de fronteira com modelagem bayesiana, que serão descritos a seguir.

3.1 DRIS

O DRIS foi proposto por Beaufils (1973), tendo como objetivo solucionar problemas associados a variações nos teores de nutrientes, em função da idade fisiológica do tecido foliar. Adicionalmente, possibilita estudar o efeito das interações entre nutrientes não contempladas por métodos univariados como teor crítico e faixa de suficiência (Walwort; Sumner, 1988; Sumner, 1990). Esse método pressupõe que as relações entre dois nutrientes são menos afetadas por variações da idade do tecido foliar, permitindo

amenizar os efeitos de diluição ou de concentração de nutrientes causados pelo maior ou menor acúmulo de matéria seca, o que permite o diagnóstico mais confiável do estado nutricional das plantas (Walworth; Sumner, 1987). Uma das vantagens do DRIS é que este método leva em consideração o equilíbrio nutricional pela relação dual entre os teores nutricionais, permitindo identificar a ordem relativa de limitação dos nutrientes pela cultura, agrupando-os do mais limitante por deficiência até o mais limitante por excesso (Beaufils, 1973; Sumner, 1979).

Após o estabelecimento das normas DRIS, são gerados índices que medem os desvios relativos em relação ao ótimo de cada nutriente em estudo. Os índices positivos indicam excesso relativo do nutriente em análise em relação aos demais, já os índices negativos refletem a deficiência relativa do nutriente em relação aos outros. Quanto mais próximos de zero forem os índices e para uma maior quantidade de nutrientes, maior será o equilíbrio nutricional da planta. Quando a soma dos índices DRIS é elevada, isso indica que há desbalanço nutricional na planta, limitando a obtenção de altas produtividades. Altas produtividades só ocorrem quando a soma dos índices é pequena (nutrição equilibrada); contudo, nesse cenário, um baixo rendimento pode ocorrer se outros fatores de produção, bióticos ou abióticos, estiverem limitando o potencial produtivo da cultura (Walworth; Sumner, 1987).

3.2 CND

O método *Compositional Nutrient Diagnosis* (CND) preconiza a inter-relação entre todos os nutrientes, empregando métodos estatísticos multivariados para sua elaboração (Parent; Dafir, 1992). Assim, a partir de um banco de dados robusto, são estabelecidas funções de proporção de variância para índices de nutrientes ao longo de uma ordem decrescente de valores de rendimento. O método considera a associação entre o teor de um determinado nutriente e a média geométrica dos demais, sendo essa a melhor forma de expressar o equilíbrio no tecido vegetal (Parent; Dafir, 1992; Egozcue; Pawlowsky-Glahn, 2005; Trapp *et al.*, 2025), por ser mais precisa na estimativa de faixas normais de nutrientes a fim de encontrar adequada associação com a produtividade. Além de possibilitar o cálculo de um fator de correlação para qualquer nutriente por meio de uma análise multinutriente integral, o método permite atribuir o mesmo peso aos desequilíbrios causados tanto por deficiências quanto por excessos.

Além disso, o CND possui apenas um desvio padrão, tornando possível a identificação e exclusão de dados atípicos, considerados como *outliers*, aumentando assim a confiabilidade na interpretação dos resultados (Parent; Natale; Ziadi, 2009; Parent *et*

al., 2013a, 2013b). Consequentemente, este método pode ser aplicado a um conjunto de dados para estabelecer uma associação entre o estado nutricional da cultura e a produtividade, o que ocorre preferencialmente de forma regional (Rozane *et al.*, 2025).

Os métodos DRIS e CND permitem gerar valores de referência nutricional que visam manter os teores de nutrientes na classe considerada adequada, acima do teor crítico, para que possa ser atingida a máxima produtividade de frutos (Figura 1). Mas é importante destacar que há necessidade constante de investir na ampliação e atualização do banco de dados, buscando salvar informações de produtividade, atributos do solo, teores foliares e variáveis de qualidade de frutos. Essas informações poderão ser utilizadas no futuro para atualizar as recomendações de adubação, bem como consolidar os sistemas de manejo de regiões produtoras de maçãs. Tudo isso é importante diante dos efeitos ocasionados pelas mudanças climáticas que tornam as safras cada vez mais sazonais e desafiadoras.

3.3 Método da Linha de Fronteira

O método da Linha de Fronteira é baseado no princípio de que os materiais biológicos têm um limite superior de desenvolvimento/produtividade, em resposta a fatores de produção em uma determinada situação (Webb, 1972). Esse limite se encontra na borda de qualquer conjunto de dados e define o melhor desempenho da população, ocorrendo sempre que existe uma relação de causa e efeito entre duas variáveis. Mesmo sendo univariado, o método permite relacionar as concentrações dos nutrientes no solo e os teores de elementos essenciais determinados no tecido foliar, integrando assim a análise de solo e de folhas para melhor recomendação da adubação das culturas. Se é possível estabelecer a relação entre um único fator de crescimento e o rendimento ou a qualidade, a otimização desse fator então deve permitir o melhor desempenho da cultura. Esse melhor desempenho, quando identificado em uma amostra analisada, é tomado como padrão e pode ser usado para a estimativa de possíveis aumentos na produtividade.

Para ajustar a Linha de Fronteira, modelos matemáticos são desenvolvidos por meio de regressão com platô a fim de quantificar a relação entre a variável dependente (produtividade) e o teor de nutrientes. O método de regressão utilizado é a Regressão Quantílica Segmentada Bayesiana (RQSB) (Liang *et al.*, 2019; Brunetto *et al.*, 2023), em que no ajuste dos parâmetros do modelo é utilizada a análise bayesiana. Nessa etapa é realizada uma simulação de Monte Carlo com cadeias de Markov (MCMC) (Gelman; Hill, 2007) por meio do algoritmo de amostragem de Gibbs com 20 mil desenhos aleatórios após um período de aquecimento de 10 mil iterações. A concentração crítica é definida como o ponto em que a linha ajustada atinge o platô, não demonstrando mais aumentos de rendimento à medida que o teor do nutriente aumenta. A análise da densidade de frequência é realizada assumindo um intervalo de confiança de 90% para a determinação

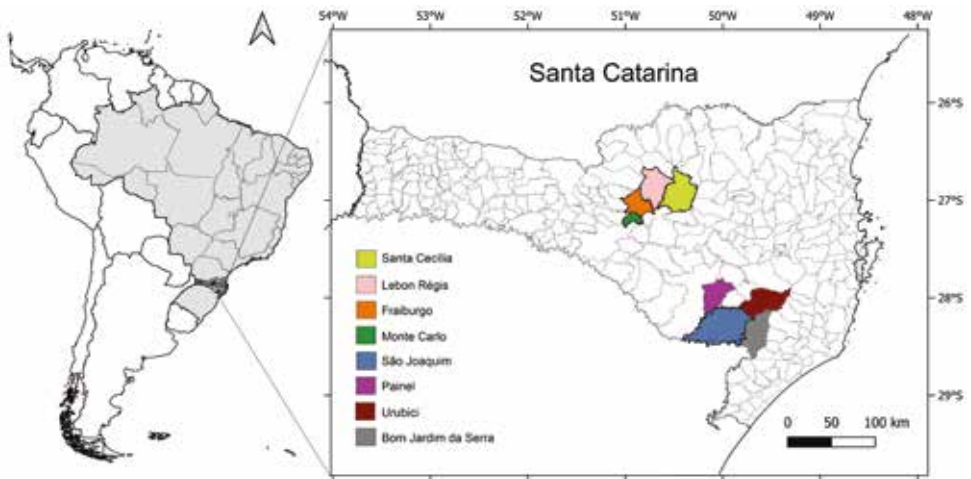
dos teores limítrofes (Faixa de suficiência - FS) e da maior densidade de ocorrência de nutrientes (Teor crítico - TC).

4 Banco de dados e avaliações

4.1 Regiões e cultivares

O estudo foi conduzido utilizando um robusto banco de dados de produtores e empresas do setor produtivo de maçã. Foram analisadas 15 safras (2007-2016 e 2019-2022) de pomares de cultivares Gala e Fuji no estado de Santa Catarina nas regiões de Fraiburgo (Fraiburgo, Lebon Régis, Santa Cecília, Monte Carlo) e 16 safras (2007-2022) da região de São Joaquim (São Joaquim, Painei, Urubici e Bom Jardim da Serra) (Figura 2). Os pomares estavam localizados em diferentes solos e climas. Além disso, possuíam plantas com idades diferentes, distintas combinações de cultivares copa/porta-enxerto, técnicas de manejo e sistemas de condução. Foram considerados apenas pomares que tinham todas estas informações disponíveis. A produtividade considerada neste estudo variou de 2 a 121t ha⁻¹ para a região de Fraiburgo e de 2 a 117t ha⁻¹ para a região de São Joaquim.

Figura 2 - Localização dos pomares de maçã no estado de Santa Catarina



Fonte: elaborado pelos autores (2025).

4.2 Amostragem e análise de solo

Entre 15 a 20 subamostras de solo foram coletadas por pomar na camada de 0 a 20cm de profundidade na área de projeção da copa (CQFS-RS/SC/2006). A partir da análise de 1.806 amostras de solo de pomares da região de Fraiburgo durante 15 safras e 364 análises de solo da região de São Joaquim durante 15 safras, foram estabelecidos teores críticos (TC) e faixas de suficiência (FS) para fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e a saturação por bases (V) no solo para a camada 0-20cm. Os teores de P e K disponíveis foram extraídos pela solução de Mehlich-1 (0,0125 mol L⁻¹ de H₂SO₄ e 0,050 mol L⁻¹ de HCl). No extrato, o P foi determinado pelo método descrito por Tedesco *et al.* (1995) em espectrofotômetro de absorção molecular a 882nm. O K foi determinado por espectrofotometria de chama. O Ca e o Mg foram extraídos por KCl 1 mol L⁻¹ (Tedesco *et al.*, 1995) e as concentrações foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica.

4.3 Amostragem e análise foliar

O banco de dados para a região de Fraiburgo foi composto por 5.614 análises foliares para o grupo 'Gala' e 4.565 para o grupo 'Fuji'. Para a região de São Joaquim, o banco de dados foi composto por 207 observações para o grupo 'Gala' e 492 observações para o grupo 'Fuji'.

Os teores de nutrientes no tecido foliar (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e B) em pomares de maçã foram obtidos pela amostragem de folhas completas (limbo + pecíolo), no terço médio da parte aérea, entre 15 de janeiro e 15 de fevereiro, na fase de frutificação, a cerca de 1,5m do solo, em número de quatro pares de folhas por planta (um par em cada ponto cardeal), em 25 árvores de cada pomar (Figura 3). Este procedimento seguiu a recomendação técnica para o cultivo de macieira nesta região, conforme proposto pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016).

Em cada amostra composta as folhas foram lavadas em água destilada, secas em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C, até atingirem peso constante e, posteriormente, foram moídas. Parte da amostra foi submetida à digestão sulfúrica para posterior determinação de N pelo método de Kjeldahl. Outra parte da amostra foi submetida à digestão nitroperclórica (2:1) para determinação dos teores de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn. As concentrações de K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn foram determinadas em espectrofotômetro

de absorção atômica. A concentração de P foi determinada por colorimetria em espectrofotômetro UV-VIS. A parte final das amostras foliares foi submetida à digestão a seco em mufla para posterior determinação de B por colorimetria em espectrofotômetro UV-VIS. Todas as análises seguiram a metodologia de Tedesco *et al.* (1995).

Figura 3 - Representação da folha diagnóstica (limbo+pecíolo) amostrada no terço médio do ramo para fins de análise foliar



Fonte: Leandro Hahn (2025).

4.4 Amostragem, avaliação de frutos e produtividade

Cada amostra foi constituída por 20 frutos, de calibre médio, sadios e sem danos, representativos do pomar, coletados aleatoriamente na parte mediana das plantas. A coleta ocorreu de 15 a 20 dias antes do ponto de colheita comercial. Os frutos foram acondicionados em sacos plásticos, identificados e encaminhados para o laboratório. Durante a amostragem no campo, foram respeitados os prazos de carência da aplicação do último tratamento fitossanitário. Os frutos coletados não ficaram expostos ao sol e foram encaminhados imediatamente ao laboratório. Em cada fruto foram retiradas cunhas no sentido longitudinal, contendo a polpa com a casca de aproximadamente 1cm de largura. Os frutos foram preparados e submetidos à digestão química para determinação do teor total dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg e calculadas as relações K/Ca, N/Ca e (K + Mg)/Ca de acordo com Schweitzer e Suzuki (2013).

A produtividade dos pomares foi obtida a partir da colheita total da produção realizada entre janeiro a março para 'Gala' e de março a maio para 'Fuji'.

4.5 Análise estatística

Os TCs e as FS de nutrientes nas folhas foram estabelecidos pelos métodos DRIS e CND. Para a definição de valores de referência para folhas, o banco de dados foi dividido em duas subpopulações para estabelecer os padrões DRIS: alta e baixa produtividade; a população de alta produtividade foi a de referência. A produtividade média registrada para cada cultivar foi o critério adotado para dividir as populações. No caso do DRIS, a produtividade média registrada para cada cultivar (35,3t ha⁻¹ para cv. Gala e 34,3t ha⁻¹ para cv. Fuji) foi o critério adotado para dividir as populações. Já no CND foi utilizada a função cumulativa (Khiari *et al.*, 2001) para dividir populações de alta e de baixa produtividade, cujo valor foi 34,7t ha⁻¹ para cv. Gala e 31,1t ha⁻¹ para cv. Fuji (Trapp *et al.*, 2025).

Os TCs e FS de nutrientes e suas relações em frutos de macieiras e nutrientes no solo foram estabelecidos pelo método da Linha de Fronteira e por meio do modelo de regressão com platô, para quantificar a relação entre as variáveis dependentes (produtividade), com a concentração na polpa dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg e as relações N/Ca, K/Ca e (K+Mg)/Ca, assim como os nutrientes P, K, Ca e Mg e a saturação por bases. A concentração crítica foi determinada como o ponto em que a linha ajustada alcança o platô, não obtendo mais aumento de produtividade à medida que a concentração de nutrientes aumenta. Foi também realizada uma análise da densidade de frequência, em intervalo de 90%, para determinar as concentrações limítrofes (FS) e a maior densidade de nutrientes (TC). Todas as análises estatísticas foram realizadas no ambiente R (R Core Team, 2022).

5 Valores de referência de nutrientes no solo

Como resultados deste estudo, verificou-se que os valores de TCs de P no solo para macieiras cultivadas em Fraiburgo e São Joaquim foram de 24 e 25mg dm³, respectivamente (Tabela 1). Já as faixas de suficiência (FS) variaram de 21-28 e 20-30mg dm⁻³ em Fraiburgo e São Joaquim, respectivamente (Tabela 1). Esses valores são superiores aos da recomendação regional de adubação, que preconiza um TC de 18mg dm⁻³ de P para solos com teor de argila entre 21 e 40% e 12mg dm³ para solos com teores de argila entre 41 e 60% para espécies frutíferas (CQFS-RS/SC, 2016). Já para K os TCs são de 130 e 175mg dm⁻³ para Fraiburgo e São Joaquim, respectivamente, e a FS de 110-145 e 165-185mg dm⁻³ para Fraiburgo e São Joaquim, respectivamente. Esses valores são superiores aos 120mg dm⁻³, valor de referência segundo a recomendação regional para solos com CTC_{pH7,0} entre 15,1 e 30,0cmol_c dm⁻³.

Tabela 1 - Teores críticos (TC) e faixas de suficiência (FS) de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e saturação por bases (V) no solo para macieira nas regiões de Fraiburgo e São Joaquim, SC e comparação com a recomendação regional oficial da CQFS-RS/SC (2016)

Nutriente ou atributo de solo	Proposições				Recomendação regional CQFS-RS/SC (2016)*
	Fraiburgo		São Joaquim		
	TC	FS	TC	FS	Textura (classe 2: 41- 60% de argila); $CTC_{pH7,0}$ (15,1-30 $cmol_c dm^{-3}$)
P ($mg dm^{-3}$)	24	21-28	25	20 - 30	12,1 - 24,0
K ($mg dm^{-3}$)	130	110 - 145	175	165 - 185	121 - 240
Ca ($cmol_c dm^{-3}$)	9,0	7 - 13	14,0	12 - 16	> 4,0
Mg ($cmol_c dm^{-3}$)	3,5	2,5 - 4,2	2,5	1,7 - 3,2	> 1,0
V (%)	80	77 - 85	-	-	Não definido

Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Nota. V: saturação por Ca-Mg-K. *Teor de argila e valor de $CTC_{pH7,0}$ do solo para interpretação do teor de P e K extraídos por Mehlich-1, respectivamente, conforme CQFS-RS/SC (2016).

Para a região de Fraiburgo, os TCs para Ca e Mg são de 9,0 e 3,5 $cmol_c dm^{-3}$, respectivamente, e a saturação por bases é 80% (Tabela 1). Já para a região de São Joaquim, os TCs de Ca e Mg são de 14,0 e 2,5 $cmol_c dm^{-3}$, respectivamente, não sendo encontrado um valor específico de saturação por bases que se correlaciona com a maior produtividade. Além disso, também é apresentada a faixa de suficiência (FS) adequada de nutrientes no solo. Até então, a recomendação regional oficial (CQFS-RS/SC, 2016) ainda não havia estabelecido valores específicos de Ca, Mg e saturação por bases para a macieira, sendo um valor generalista para um grupo de culturas. Os TCs e FS obtidos neste estudo podem ser utilizados para tomada de decisão para o planejamento da correção e adubação dos solos para cultivo de macieiras.

A saturação por bases obtida para a região de Fraiburgo de 80%, corresponde aproximadamente a um valor de pH em água de 6,5, confirmando o valor considerado adequado para a correção da acidez do solo (CQFS-RS/SC, 2016). Por isso, a escolha do tipo de corretivo da acidez do solo, bem como de fertilizantes que aportam Ca e Mg para atingir os teores acima sugeridos, é fundamental para obter alta produtividade de frutos.

Os valores de TCs e FS apresentados na tabela 1 são proposições de atualização em relação aos apresentados pela CQFS-RS/SC (2016). Eles recomendam faixas mais estreitas

de nutrientes, além de TCs mais altos de Ca e Mg no solo. No entanto, esses valores não requerem aportes adicionais de corretivos, uma vez que na correção da acidez dos solos nativos, realizada no momento da instalação de um novo pomar, já são demandadas altas doses de corretivos, para atingir o pH desejado. Dessa forma, a escolha dos corretivos da acidez que serão aplicados na implantação de pomares deverá levar em conta a obtenção dos TCs de Ca e Mg para pomares de alta produtividade.

As quantidades de fertilizantes recomendadas para reposição de nutrientes em pomares de macieira em produção devem ser definidas após a interpretação da análise de solo e, quando possível, complementadas com a análise foliar. Se o teor foliar estiver dentro da faixa de suficiência e as concentrações no solo forem altas, as aplicações de manutenção de P, K e outros elementos podem ser suprimidas.

6 Valores de referência de nutrientes nas folhas

Para a interpretação dos resultados da análise foliar podem ser utilizadas tabelas, como a apresentada pela CQFS-RS/SC (2016). No entanto, os valores são generalistas, não levando em conta diferenças entre cultivares, porta-enxertos e diferenças das regiões produtoras de maçã, especialmente associados ao clima e aos solos dos dois estados (RS e SC). Por isso, são propostos valores de referência baseados nas metodologias DRIS e CND para os cultivares dos grupos ‘Gala’ e ‘Fuji’ cultivadas em SC (Tabela 2).

Tabela 2 - Teores críticos e faixas de suficiência para os teores foliares de nutrientes em plantas de macieira do grupo ‘Gala’ e ‘Fuji’, estabelecidos a partir do Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS), da Diagnóstico da Composição Nutricional (CND), para a região de Fraiburgo e CQFS-RS/SC (2016)

Nutrientes	Métodos	Teor crítico	Faixa de suficiência	Teor crítico	Faixa de suficiência
		----- ‘Gala’ -----		----- ‘Fuji’ -----	
----- g kg ⁻¹ -----					
N	DRIS	23,4	21,1 – 25,6	24,8	22,6 – 27,0
	CND	24,3	22,1 – 26,4	26,4	24,3 – 28,5
	CQFS	-	20,0 – 25,0	-	20,0 – 25,0
P	DRIS	1,7	1,3 – 2,0	1,8	1,5 – 2,2
	CND	1,7	1,4 – 2,1	1,9	1,6 – 2,2
	CQFS	-	1,5 – 3,0	-	1,5 – 3,0

Nutrientes	Métodos	Teor crítico	Faixa de suficiência	Teor crítico	Faixa de suficiência
		----- 'Gala' -----		----- 'Fuji' -----	
K	DRIS	12,7	9,5 – 15,9	11,8	8,7 – 14,9
	CND	13,6	11,5 – 15,8	12,9	10,7 – 15,0
	CQFS	-	12,0 – 15,0	-	12,0 – 15,0
Ca	DRIS	12,6	10,3 – 14,9	13,8	11,5 – 16,1
	CND	13,1	11,0 – 15,2	14,0	12,0 – 16,1
	CQFS	-	11,0 – 17,0	-	11,0 – 17,0
Mg	DRIS	3,6	2,1 – 4,7	3,4	2,0 – 4,8
	CND	3,5	2,9 – 4,0	3,2	2,7 – 3,8
	CQFS	-	2,5 – 4,5	-	2,5 – 4,5
----- mg kg ⁻¹ -----					
Fe	DRIS	99,6	68,4 – 130,8	106,2	72,5 – 140,0
	CND	93,5	70,2 – 116,7	100,6	75,9 – 125,6
	CQFS	-	50,0 – 250,0	-	50,0 – 250,0
Mn	DRIS	356,0	191,7 – 520,3	269,4	140,7 – 398,1
	CND	380,4	208,2 – 552,7	235,7	107,3 – 364,1
	CQFS	-	30,0 – 130,0	-	30,0 – 130,0
Cu	DRIS	11,1	0,0 – 22,9	9,5	2,5 – 16,6
	CND	7,2	5,8 – 8,6	7,6	6,1 – 9,1
	CQFS	-	5,0 – 30,0	-	5,0 – 30,0
Zn	DRIS	129,6	86,7 – 172,5	100,3	53,5 – 147,1
	CND	141,1	99,3 – 182,9	83,9	43,4 – 124,4
	CQFS	-	20,0 – 100,0	-	20,0 – 100,0
B	DRIS	38,4	31,4 – 45,5	39,9	32,9 – 46,8
	CND	36,6	31,4 – 41,9	38,6	32,8 – 44,3
	CQFS	-	30,0 – 50,0	-	30,0 – 50,0

Fonte: Adaptado de Trapp et al. (2025) e CQFS-RS/SC (2016).

Os teores críticos ou pontos de equilíbrio, que correspondem aos teores adequados de cada nutriente no tecido foliar, apresentam pouca variação entre os métodos DRIS e CND (Tabela 2). Para as faixas de suficiência de nutrientes no tecido foliar, constata-se também o mesmo comportamento. Observa-se, contudo, uma indicação de faixa mais estreita pela metodologia CND, o que indica maior acurácia e precisão. Além disso, o emprego da metodologia CND conseguiu melhor ajuste para indicação do cobre. Desta

forma, sugerimos que sejam utilizados os TCs e FS estabelecidos a partir do CND para interpretação do estado nutricional de macieiras cultivadas na região de Fraiburgo. Mais informações sobre os TCs e FS de nutrientes em folhas de maçã obtidos pelas metodologias DRIS e CND podem ser obtidas em Trapp *et al.* (2025).

Os valores de referência nutricional para tecido foliar de ‘Gala’ e ‘Fuji’ pelo método CND também foram gerados para maçãs cultivadas na região de São Joaquim (Tabela 3). O vigor dos porta-enxertos determinou diferenças significativas para os teores foliares de ‘Fuji’. Assim, foram gerados valores de TCs e FS de acordo com três categorias de vigor de porta-enxerto: baixo (CG202, EM 26, EM 9, MM 111, MM106), médio (Maruba/EM9) e alto (Maruba).

Tabela 3 - Teores críticos (TC) e faixas de suficiência (FS) para os teores foliares de nutrientes em plantas de macieira dos cultivares ‘Gala’ (sem considerar o vigor dos porta-enxertos) e ‘Fuji’ (considerando o vigor dos porta-enxertos) em função do vigor dos porta-enxertos, estabelecidos pelo método de Diagnose da Composição Nutricional (CND), para a região de São Joaquim

Nutri- entes	‘Gala’		‘Fuji’ - Vigor dos porta-enxertos					
	Sem classes de vigor		----- Baixo -----		----- Médio -----		----- Alto -----	
	TC	FS	TC	FS	TC	FS	TC	FS
	----- g kg ⁻¹ -----							
N	22,5	20,4 – 24,6	25,2	23,3 – 27,0	18,4	16,4 – 20,5	24,8	22,7 – 26,9
P	1,9	1,6 – 2,2	1,9	1,6 – 2,2	2,2	1,9 – 2,5	1,9	1,5 – 2,3
K	14,1	11,8 – 16,3	13,7	11,6 – 15,8	12,2	10,3 – 14,1	12,4	10,2 – 14,7
Ca	16,0	13,3 – 18,7	17,5	14,3 – 20,6	18,5	15,8 – 21,2	14,1	11,7 – 16,5
Mg	3,2	2,6 – 3,8	2,9	2,4 – 3,5	2,8	2,4 – 3,2	3,0	2,4 – 3,6
	----- mg kg ⁻¹ -----							
Fe	72,0	51,9 – 92,1	81,5	55,1 – 108,0	70,5	53,6 – 87,4	62,9	47,7 – 78,0
Mn	213,2	122,1 – 304,3	192,2	123,7 – 260,7	188,6	118,4 – 258,8	150,2	91,0 – 209,4
Cu	5,4	3,8 – 7,1	5,8	4,5 – 7,1	5,0	3,2 – 6,8	6,2	4,6 – 7,7
Zn	150,5	70,8 – 230,2	174,9	97,8 – 252,1	190,2	138,6 – 241,8	70,0	27,0 – 113,1
B	29,3	23,5 – 35,1	30,4	24,8 – 36,0	30,7	25,0 – 36,5	27,0	22,0 – 32,1

Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Nota: Vigor dos porta-enxertos: baixo (CG 202, EM 26, EM 9, MM 111 e MM106), médio (Maruba/EM9) e alto (Maruba).

7 Valores de referência de nutrientes nos frutos

A análise de frutos tem como objetivo avaliar o equilíbrio nutricional próximo à colheita. Constitui-se em uma excelente ferramenta para prever possíveis ocorrências de distúrbios fisiológicos e auxiliar na tomada de decisão quanto ao destino a ser dado às frutas na colheita, inclusive um indicativo do período de armazenagem.

Inúmeros distúrbios fisiológicos em frutos de macieira, como, por exemplo, *bitter pit*, *cork spot*, depressão lenticelar, degenerescência interna da polpa, entre outros, são atribuídos às deficiências e aos desequilíbrios nutricionais, pois ambos estão relacionados ao Ca e suas interações (Amarante *et al.*, 2010; Argenta; Martin, 2018). O uso excessivo de N também promove crescimento vegetativo demasiado, causando sombreamento dos frutos, redução da coloração vermelha, queda da produtividade e frutos pequenos com polpa menos firme (Hahn *et al.*, 2018). O excesso de K pode afetar negativamente a capacidade de armazenagem de frutos, pela diminuição de sua firmeza e pelo aumento do risco de distúrbios fisiológicos. Por outro lado, a redução da disponibilidade de K no solo, principalmente por ser o nutriente mais exportado pela colheita de frutos (Schveitzer; Hahn; Petri, 2019), pode comprometer a coloração, o tamanho e os teores de açúcares dos frutos. O resultado de toda aplicação de fertilizantes em excesso pode resultar em plantas desequilibradas na relação de estruturas frutíferas e vegetativas, com a produção de frutos de menor valor comercial.

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentados os valores-padrão encontrados nas polpas de maçãs dos grupos 'Gala' e 'Fuji' cultivadas na região de Fraiburgo e São Joaquim, considerados adequados para que não ocorram problemas de distúrbios fisiológicos após a colheita e durante a armazenagem. A partir dos resultados deste trabalho, técnicas de manejo relacionadas à adubação e nutrição das plantas devem ser direcionadas para altas produtividades de frutos, porém, com adequada composição química de nutrientes nos frutos.

Tabela 4 - Teores de referência de nutrientes na polpa da maçã em estudos na Região Sul do Brasil e a faixa de suficiência de teores de nutrientes em maçãs da região de Fraiburgo, SC, durante as safras de 2004 a 2022

Nutriente	Valor-padrão¹	Teor crítico²	Faixa de suficiência²
N (mg kg ⁻¹)	400	335	310 – 360
P (mg kg ⁻¹)	110	170	150 – 190
K (mg kg ⁻¹)	900	1050	1000 – 1100
Ca (mg kg ⁻¹)	38	42	36 – 48
Mg (mg kg ⁻¹)	50	52	46 – 58
Relação N/Ca	<10	8	6 – 10
Relação K/Ca	<30	22	18 – 26
Relação K+Mg/Ca	<30	24	20 – 28

Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Nota: 1 Fonte: Amarante et al. (2010), Argenta e Suzuki (1994) e Dris et al. (1998). 2 Banco de dados coletados na região de Fraiburgo, SC, nos cultivares 'Fuji' e 'Gala'.

Para a região de Fraiburgo, os TCs de N, P, K, Ca e Mg foram 335, 170, 1050, 42, 52mg kg⁻¹, já as FS foram de 310-360, 150-190, 1000-1100, 36-48 e 46-58mg kg⁻¹, respectivamente. Para as relações N/Ca, K/Ca e (K+Mg)/Ca os TCs foram 8, 22 e 24 e as FS 6-10, 18-26 e 20-28, respectivamente. Para a região de São Joaquim, os TCs de N, P, K, Ca e Mg foram semelhantes, com pequena variação nos valores, sendo 350, 125, 1000, 45, 50mg kg⁻¹, já as FS foram de 320-380, 100-150, 850-1150, 40-50, 40-60mg kg⁻¹, respectivamente (Tabela 5). Para as relações N/Ca, K/Ca e (K+Mg)/Ca os TCs foram iguais aos observados para a região de Fraiburgo (Tabela 5).

Tabela 5 - Teores de referência de nutrientes na polpa da maçã em estudos na região Sul do Brasil e a faixa de suficiência de teores de nutrientes em maçãs da região de São Joaquim, SC, durante as safras de 2002 a 2023

Nutriente	Valor-padrão ¹	Teor crítico ²	Faixa de suficiência ²
N (mg kg ⁻¹)	400	350	320 – 380
P (mg kg ⁻¹)	110	125	100 – 150
K (mg kg ⁻¹)	900	1000	850 – 1150
Ca (mg kg ⁻¹)	38	45	40 – 50
Mg (mg kg ⁻¹)	50	50	40 – 60
Relação N/Ca	<10	8	6 – 10
Relação K/Ca	<30	22	18 – 26
Relação K+Mg/Ca	<30	24	20 – 28

Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Nota: 1 Fonte: Amarante et al. (2010), Argenta e Suzuki (1994) e Dris et al. (1998). 2 Banco de dados coletados na região de São Joaquim, SC, nos cultivares 'Fuji' e 'Gala'.

Os resultados obtidos neste estudo são comparados com valores e faixas atualmente recomendados na literatura como adequados em frutos com bom equilíbrio nutricional (Amarante *et al.*, 2010; Argenta; Suzuki, 1994; Dris *et al.*, 1998). Isso faz com que esses valores possam ser utilizados pelos produtores para avaliar a qualidade do fruto. O nutriente que apresenta TC e FS diferentes dos valores recomendados pela literatura foi o K, tanto para a região de São Joaquim, quanto Fraiburgo. Pomares com altas produtividades apresentam TC (1050mg kg⁻¹) e FS (1000-1100mg kg⁻¹) para a região de Fraiburgo (Tabela 4) e TC (1000mg kg⁻¹) e FS (850-1150mg kg⁻¹) para a região de São Joaquim (Tabela 5) de K superiores ao valor-padrão recomendado (900mg kg⁻¹). Porém, o valor-padrão recomendado foi estabelecido para obtenção de frutos com melhor equilíbrio nutricional, menor potencial de ocorrência de distúrbios fisiológicos e maior capacidade de armazenagem, e não necessariamente para pomares de altas produtividades. Assim, em pomares em anos com alta produtividade, não haverá necessariamente teores de K com valores dentro da faixa recomendada. Já para os demais nutrientes e suas relações, pomares com altas produtividades também apresentarão frutos com adequados teores de nutrientes.

8 Considerações finais

O acompanhamento da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas é fundamental para garantir adequada produtividade. A fruticultura, com destaque para a macieira, está em constante mudança, seja ela por fatores climáticos, cultivares ou sistemas de manejo, como por novos porta-enxertos ou maiores densidades de plantios, que podem alterar os valores de referência de nutrientes no solo e no tecido foliar. Contudo, para estabelecer esses valores, é necessária a realização de estudos de calibração com doses de nutrientes e produtividade das plantas, que são onerosos e custosos. A alternativa para estabelecer valores de referência sem a necessidade de experimentos de campo é o uso de bancos de dados bem documentados e que englobem várias safras e manejos.

O presente estudo, baseado em extenso banco de dados, encontrou teores críticos e faixas de suficiência de nutrientes no solo no tecido foliar e nos frutos para macieiras em duas regiões produtoras de Santa Catarina. Assim, é possível destacar que esses valores divergem entre locais e em relação à recomendação oficial atualmente em vigor. Além disso, o boletim sugere faixa de suficiência de nutrientes para frutos de macieira.

As recomendações e sugestões técnicas apresentadas neste material vão auxiliar técnicos, produtores e empresas de beneficiamento em toda a cadeia produtiva da maçã. Contudo, destacamos a importância da continuidade nos estudos buscando multiplicar bancos de dados e aprimorar cada vez mais os conhecimentos, através da atualização das recomendações.

Agradecimentos

Agradecemos ao setor produtivo da macieira, em especial aos fruticultores, à indústria e aos técnicos, pelo fornecimento do banco de dados. Também agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (Fapesc) pelo apoio do projeto (nº FAPESC/2023TR000346) e pela Bolsa de Pós-Doutorado do autor, Douglas Luiz Grando (Edital 25/2025).

Referências

AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; ERNANI, P. R. Identificação pré-colheita do risco de ocorrência de “bitter pit” em maçãs ‘Gala’ por meio da infiltração com magnésio e análise dos teores de cálcio e nitrogênio nos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 27-34, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000015>

ARGENTA, L. C.; SUZUKI, A. Relação entre teores minerais e freqüência de “bitter pit” em maçãs cv. Gala no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 16, p. 267-277, 1994.

ARGENTA, L.; MARTIN, M. S. Manejo das frutas na colheita e após a colheita. *In*: SEZERINO, A. A. **Sistema de produção para a cultura da macieira em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2018. 136 p. (Epagri. Sistema de Produção, 50). (comentário: não localizei nas citações)

BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)**. South Africa: University of Natal, 1973. 132 p. (Soil Science Bulletin, 1).

BRUNETTO, G.; ROZANE, D. E.; NATALE, W.; HAHN, L.; ANDRADE, C. B.; MOURA-BUENO, J. M.; TRAPP, T.; COMIN, J. J.-Predição de nutrientes em frutíferas para racionalizar a fertilização. *In*: NOGUEIRA, T. A. R.; CHERUBIN, M. R.; PEREIRA, A. P. A.; TIECHER, T. Tópico em Ciência do Solo, Vol. XII. Viçosa: SBCS, 2023. p. 205-237.

CQFS-RS/SC. 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**. Porto Alegre-RS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2016, 376 p.

DRIS, R.; NISKANEN, R.; FALLAHI, E. Nitrogen and calcium nutrition and fruit quality of commercial apple cultivars grown in Finland. **Journal of Plant Nutrition**, v. 21, p. 2389-2402, 1998. DOI: 10.1080/01904169809365572

EGOZCUE, J. J.; PAWLOWSKY-GLAHLN, V. Groups of parts and their balances in compositional data analysis. **Mathematical Geology**. v. 37, p. 795–828, 2005. DOI: 10.1007/s11004-005-7381-9.

GELMAN, A.; HILL, J. **Data analysis using regression and multilevel/hierarchical models**. New York, USA: Cambridge University Press, 2007.

HAHN, L.; BASSO, C.; ARGENTA, L. C.; VIEIRA, M. J. Sources and doses of fertilizers affect foliar and fruit mineral composition of 'Daiane' apples. **Acta Horticulturae**, v. 1217, p. 411-416, 2018. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1217.53.

KHIARI, L.; PARENT, L. E.; TREMBLAY, N. Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. **Agronomy Journal**, v. 93, n. 802-808, 2001. DOI: 10.2134/agronj2001.934802x.

LIANG, Z.; QIAN, S. S.; WU, S.; CHEN, H.; LIU, Y.; YU, Y.; YI, X. Using Bayesian change point model to enhance understanding of the shifting nutrients-phytoplankton relationship. **Ecological Modelling**, v. 393, p. 120–126, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.12.008>.

NAVA, G.; DECHEN, A. R.; BASSO, C.; NACHTIGALL, G. R.; KATSURAYAMA, J. M. Composição mineral de folhas e vigor da macieira "Fuji" em resposta a nitrogênio e potássio. **Agropecuária Catarinense**, v. 23, n. 2, p. 77-83, 2010. DOI: 10.52945/rac.v23i2.732 .

PARENT, L. E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. v. 117, n. 2, p. 239-42, 1992. DOI: 10.21273/JASHS.117.2.239.

PARENT, L. E.; NATALE, W.; ZIADI, N. Compositional nutrient diagnosis of corn using the Mahalanobis distance as nutrient imbalance index. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 89, p. 383–390, 2009. DOI: 10.4141/cjss08050.

PARENT, S-É.; PARENT, L. E.; EGOZCUE, J. J.; ROZANE, D. E.; HERNANDES, A.; LAPOINTE, L.; HÉBERT-GENTILE, V.; NAESS, K.; MARCHAND, S.; LAFOND, J.; MATTOS JÚNIOR, D.; BARLOW, P.; NATALE, W. The plant ionome revisited by the nutrient balance concept. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 39, 2013a. DOI: 10.3389/fpls.2013.00039.

PARENT, S-É.; PARENT, L.E.; ROZANE, D.E.; NATALE, W. Plant ionome diagnosis using sound balances: Case study with mango (*Mangifera indica*). **Frontiers in Plant Science**. v. 4, p. 449, 2013b. DOI: 10.3389/fpls.2013.00449.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://cran-r.c3sl.ufpr.br/>, 2022. Acesso em: ago. 2024.

ROZANE, D. E.; TOSELLI, M.; BRUNETTO, G; BALDI, E.; NATALE, W.; PAULA, B. V. DE; LIMA, J. D.; MEDEIROS, F. C.; AYRES, G.; GOBI, S. F. Proposal of nutritional standards for the assessment of the nutritional status of grapevines in subtropical and temperate regions. **Plants**, v. 14, n. 698, p. 1–17. 2025. DOI: 10.3390/plants14050698.

SCHVEITZER, B.; HAHN, L.; PETRI, J. L. Exportação de nutrientes pelos frutos de macieira ‘Gala’ e ‘Fuji’ em pomares com diferentes produtividades e regiões. **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 32, n. 3, p. 44-46, 2019.

SCHVEITZER, B.; SUZUKI, A. **Métodos de análises químicas de polpa fresca de maçã**. Florianópolis, SC: Epagri, 2013. 23 p. (Epagri. Documento n. 241).

SUMNER, M. E. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. **Agronomy Journal**, v. 71, p. 343-348, 1979.

SUMNER, M. E. Advances in the use and application of plant analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 21, p. 1409-1430, 1990.

SUZUKI, A.; BASSO, C. Orientações básicas para adubação e nutrição da macieira. **Agropecuária Catarinense**. v. 10, n. 1, 1997. DOI: 10.52945/rac.v10i1.1981.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 7. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2024. 864 p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, RS: [s. n.], 1995.

TRAPP, T.; MOURA-BUENO, J. M.; SIQUEIRA, G. N. DE; HAHN, L.; ROZANE, D. E.; LIMA NETO, J. DE L.; NATALE, W.; LOSS, A.; BRUNETTO, G. Nutrients' critical level propositions and sufficiency ranges aimed at high apple yield under subtropical climate. **European Journal of Agronomy**. v. 164, 127523, 2025. DOI: 10.1016/j.eja.2025.127523.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *In*: STEWART, B. A. (ed.). **Advances in Soil Science**. New York: Springer, 1987. v. 6, p. 149-188. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4682-4_4.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. Foliar diagnosis: a review. *In*: TINKER, B.; LAUCHLI, A. (eds.). **Advances in Plant Nutrition**. New York: Praeger Publishers, 1988. p. 193-241

WEBB, R. A. Use of the Boundary Line in the analysis of biological data. **Journal of Horticultural Science**, v. 47, p. 309–319, 1972.



www.epagri.sc.gov.br



www.youtube.com/epagritv



www.facebook.com/epagri



www.instagram.com/epagri



linkedin.com/company/epagri



<http://publicacoes.epagri.sc.gov.br>



www.x.com/EpagriOficial