

# Boletim Técnico

## 3ª APROXIMAÇÃO

RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM  
E ADUBAÇÃO EM VINHEDOS  
NA CAMPANHA GAÚCHA DO  
RIO GRANDE DO SUL



Grupo de Estudos de Predição de Adubação e  
Potencial de Contaminação de Elementos em Solos



**PPGCS** 7  
Programa com nota máxima na CAPES



Outubro de 2025

Gustavo Brunetto, Adriele Tassinari, Paola Daiane Welter, Natália Moreira Palermo, Jean Michel Moura-Bueno, Bruna Trevizan Paese, Aparecida Miranda Corrêa, Wellynthon Machado da Cunha, Rafael Lizandro Schumacher, Arcângelo Loss.

**3ª Aproximação: Recomendação de Calagem e adubação em vinhedos na Campanha Gaúcha do Rio Grande do Sul**

© 2025 Gustavo Brunetto

Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons – Atribuições Não Comercial 4.0 Internacional. Para mais informações acesse: [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)  
Qualquer parte deste documento pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.



Organizadores: Gustavo Brunetto, Adriele Tassinari e Paola Daiane Welter

Redação e revisão geral: Gustavo Brunetto, Adriele Tassinari, Paola Daiane Welter, Natália Moreira Palermo, Jean Michel Moura-Bueno e Bruna Trevizan Paese

Design da capa: Paola Daiane Welter

Colaboração: Equipe BU/UFSC

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária  
da Universidade Federal de Santa Catarina

B688 Boletim técnico [recurso eletrônico] : 3ª aproximação : recomendação de calagem e adubação em vinhedos na campanha gaúcha do Rio Grande do Sul / Gustavo Brunetto ... [et al.] – Florianópolis : UFSC, 2025.  
25 p. : il., gráfs., tab.

E-book (PDF)  
ISBN 978-85-8328-427-7

1. Solos – Análise – Campanha, Região da (RS). 2. Calagem dos solos – Campanha, Região da (RS). 3. Uva – Cultivo – Campanha, Região da (RS). I. Brunetto, Gustavo.

CDU: 631.42(816.5)

## Sumário

1. Introdução.....	4
2. Amostragem de solo e folhas em videiras .....	5
3. Calagem antes da implantação dos vinhedos e em produção .....	6
4. Adubação de pré-plantio em áreas a serem cultivadas com vinhedos.....	7
5. Adubação de crescimento em vinhedos .....	8
6. Adubação de produção em vinhedos.....	9
6.1 Níveis críticos (NC) e faixas de suficiência (FS) de nutrientes .....	11
6.2 Doses de nutrientes .....	13
6.3 Épocas de aplicação de nutrientes .....	14
6.4 Modos de fornecimento de nutrientes.....	15
6.5 Fontes de nutrientes .....	15
7. Uso de zonas de manejo para aumentar a produção e melhorar a qualidade do mosto e vinhos .....	16
8. Práticas e conhecimentos podem ajudar na melhoria da fertilidade do solo e nutrição de vinhedos na Campanha Gaúcha.....	21
9. Considerações finais.....	22
Agradecimentos.....	22
Referências .....	22

## 1. Introdução

O Grupo de Estudos de Predição de Adubação e Potencial de Contaminação de Elementos em Solos (GEPACES), vinculado ao Departamento de Solos e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria, Rio Grande do Sul (RS), Brasil, em colaboração com instituições parceiras públicas (de ensino, pesquisa e extensão) e privadas, desenvolve pesquisas na Região da Campanha Gaúcha do RS com frutíferas, especialmente com a cultura da videira, há mais de 23 anos.

Os resultados obtidos nas pesquisas já foram publicados e divulgados em artigos científicos, livros, capítulos de livros, resumos científicos, comunicados técnicos, software, palestras, cursos e aulas. Porém, a cadeia produtiva da viticultura demandou a necessidade de sistematizar os conhecimentos gerados ao longo das últimas décadas em materiais técnicos mais concisos, que apresentassem informações como valores de referência de nutrientes para auxiliar na tomada de decisão da real necessidade de aplicação de calcário, fertilizantes e outros insumos, que melhoram a fertilidade do solo, a nutrição de plantas e proporcionam maior produtividade e qualidade dos produtos. Por isso, em 2021 foi proposta a 1ª aproximação de Recomendação de Calagem e Adubação para videiras da região da Campanha Gaúcha (<https://www.ufsm.br/unidades-universitarias/ccr/informes-tecnicos>) (Stefanello et al., 2021). Na oportunidade foram apresentados valores de referência de nutrientes em folhas (Níveis críticos- NC e Faixas de suficiência - FS), bem como sugestões de doses de máxima eficiência técnica (MET) em relação à produção de uva. Em 2023, foi proposta a 2ª Atualização de Recomendação de Calagem e Adubação para Videiras na Campanha Gaúcha (<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/251290?show=full>) (Tassinari et al., 2023), quando foram propostos valores adequados de nutrientes em folhas e solo em relação à produção de uva e, quando possível, em relação a variáveis enológicas no mosto, o que representou um avanço na época. Também foi realizada uma atualização das doses ideais de nutrientes - nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) - para vinhedos em produção. Além disso, foram sugeridas épocas de aplicação desses nutrientes, visando à melhoria da eficiência nutricional e o manejo adequado das plantas.

A 3ª Aproximação da Recomendação de Calagem e Adubação em Vinhedos na Campanha Gaúcha, representa um avanço em relação aos conhecimentos consolidados nas duas versões anteriores. Nesta edição, as recomendações são apresentadas de forma mais detalhada e, especialmente, direcionadas ao apoio técnico dos profissionais que atuam no setor vitivinícola. Outro avanço abordado nesta edição é o potencial da aplicação de técnicas de Viticultura de Precisão para delimitar zonas de manejo em vinhedos visando aumentar a produção e melhorar a qualidade do mosto e vinhos. As informações contidas no documento aprimoram significativamente as práticas de calagem e adubação em vinhedos da região. É importante destacar que parte dos resultados apresentados foram obtidos a partir de pesquisas realizadas em vinhedos comerciais da Campanha Gaúcha, abrangendo 14 safras (entre 1998 e 2018), bem como por meio de experimentos de calibração de nutrientes (N, P e K), iniciados em 2011 no município de Santana do Livramento no RS. Esses dados evidenciam que pesquisas de longa duração conduzidas em parceria de instituições públicas com privadas e com o necessário financiamento, geram resultados consolidados e se adotados pelos produtores, contribuem para uma viticultura mais produtiva, rentável e sustentável.

## 2. Amostragem de solo e folhas em videiras

Para uma adequada amostragem de solo é necessário caracterizar a área a ser amostrada, ou seja, se a amostra vai ser coletada numa área antes da implantação do vinhedo, é necessário que sejam coletadas amostras nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade. Quando em vinhedos em produção, a amostra deve ser apenas na camada de 0-20 cm de profundidade. Quando o objetivo é avaliar ao longo dos anos as características químicas do solo, então as amostras devem ser feitas nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm (Figura 1). Para iniciar as amostragens do solo, é preciso subdividir a área em talhões homogêneos. Essa divisão é realizada considerando o tipo de solo, histórico de adubação, relevo, entre outras características. Em cada subárea, o solo deverá ser coletado em 10 a 20 pontos por talhão, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade. Cada ponto representará uma subamostra. As coletas de solo devem ser realizadas em 'zigue-zague', dentro de cada subárea homogênea. Para se obter uma amostra representativa da área é fundamental coletar de 15 a 20 subamostras na área delimitada, as quais serão misturadas. Na sequência, retira-se todo e qualquer resíduo e desta massa de solo retira-se em torno de 500 g, que vai constituir a amostra que irá ser enviada ao laboratório para análise. O mesmo deve ser feito com o material coletado na camada de 20-40 cm (Figura 1). A camada 0-20 cm é a camada diagnóstica e, por isso é usada como referência para as indicações de adubação e calagem. A amostragem em 20-40 cm é realizada para monitorar os valores de atributos químicos do solo em profundidade, ou seja, os resultados da análise do solo desta camada podem, eventualmente, ser utilizados para alguma ação visando a melhoria do ambiente às plantas na camada mais profunda do solo.



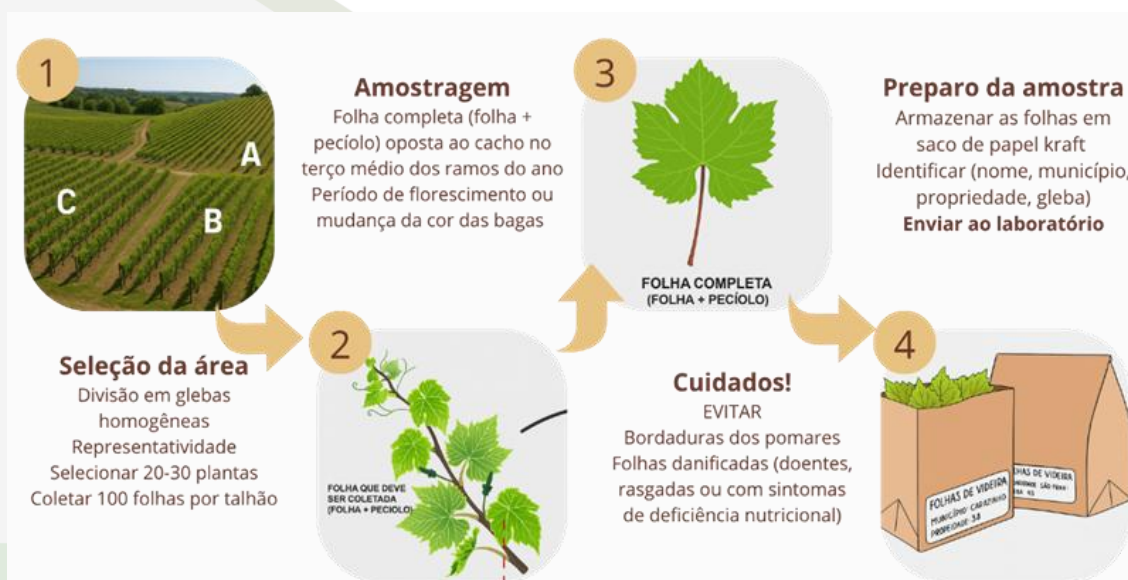
**Figura 1.** Etapas da amostragem de solo de vinhedos para recomendação de adubação. Fonte: GEPACES-UFSM.

Em vinhedos em produção, sugere-se realizar a amostragem do solo na linha de cultivo, na projeção da copa das plantas, ou seja, na região de adubação. A camada de solo a ser amostrada é 0-20 cm para recomendações de adubação e calagem. Antes da implantação ou em áreas de vinhedos em produção, a pá-de-corte, trado calador, poderão ser usados para a coleta de solo.

As amostras de solo coletadas devem ser armazenadas em recipientes limpos (exemplo, sacos plásticos). Os sacos devem ser adequadamente identificados e imediatamente enviados para um laboratório que realizará a análise química. Alternativamente, as amostras de solo podem ser depositadas em uma superfície limpa para uma pré-secagem, à sombra, na propriedade, e então, posteriormente, enviadas ao laboratório para análises.

Quanto a coleta de folhas em vinhedos em produção para monitorar o estado nutricional das plantas, os talhões dos vinhedos devem ser delimitados com base nos mesmos critérios adotados para a amostragem de solo. Adicionalmente, caso seja de interesse, os vinhedos ou plantas podem ser separados conforme a menor e/ou maior incidência de doenças foliares ou distúrbios fisiológicos visíveis. Preferencialmente, devem ser coletadas folhas completas (lâmina foliar totalmente expandida acompanhada do pecíolo), localizadas no terço médio dos ramos do ano. Quando possível, recomenda-se também a coleta das folhas opostas ao primeiro cacho desses ramos. No entanto, essa coleta pode ser inviabilizada em alguns casos, pois essas folhas frequentemente são removidas durante o manejo do dossel, como nas práticas de poda verde e desfolha. Cada amostra por talhão deve ser composta por aproximadamente 100 folhas, obtidas a partir da seleção aleatória de 20 a 30 plantas dentro do talhão. As coletas podem ser realizadas tanto no pleno florescimento quanto na fase de mudança da coloração das bagas (Brunetto et al., 2018a).

As folhas devem ser acondicionadas em sacos de papel limpos, identificados e enviadas para o laboratório, o mais breve possível. No laboratório, será realizada a preparação das amostras e análises dos teores de nutrientes. Quando possível, deve-se evitar a amostragem de folhas que contenham deposição de fungicidas, fertilizantes foliares e/ou partículas de solo (Figura 2).



**Figura 2.** Etapas da amostragem de folhas de vinhedos para recomendação de adubação. Fonte: GEPACES-UFSM.

### 3. Calagem antes da implantação dos vinhedos e em produção

Os solos que possuem pH inferior a 5,5 devem ser submetidos à aplicação de calcário como corretivo da acidez do solo. Na região Sul do Brasil, a recomendação da dose de calcário pode ser feita, preferencialmente, pelo Índice SMP (ou Índice TSM), visando elevar o pH até 6,0 (Tabela 1). Os

viticultores da região da Campanha Gaúcha (RS), que possuem os vinhedos implantados em solos arenosos, alternativamente, podem estabelecer a dose de calcário com base em resultados de pesquisas obtidos em incubações longa e curta. Esses estudos mostraram que os valores de acidez potencial (H+Al), estimados pela equação proposta pelo CQFS-RS/SC (2016), tendem a ser superestimados quando comparados aos valores obtidos por incubação curta com hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) e longa com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), independentemente da faixa de tamponamento avaliada. As equações derivadas das incubações curta e longa apresentaram resultados semelhantes em uma ampla faixa de pH utilizando o tampão TSM (Tampão Santa Maria), que simula o comportamento potenciométrico do tampão SMP, empregado nos estados do RS e SC. Segundo Toledo et al. (2010), ambos os métodos de incubação demonstraram eficácia equivalente na correção da acidez. Destaca-se que, para valores de pH-TSM inferiores a 6,0, os valores de H+Al estimados pelas equações de ambas as incubações foram iguais, mesmo quando foi necessária a adição de  $\text{Ca(OH)}_2$  sólido para complementar a neutralização da acidez potencial, desde que o tempo de incubação fosse superior a 48 horas. Esses resultados indicam que a incubação curta pode substituir com eficiência a incubação longa, uma vez que, a equação exponencial gerada evidencia a sobreposição dos valores de H+Al, conforme demonstrado por Brunetto et al. (2019). Para valores de pH-TSM superiores a 6,0, os valores de H+Al estimados pelas equações das incubações curta, longa e pela equação do CQFS-RS/SC (2016) foram similares. Portanto, os dados sugerem que, para solos com pH-TSM inferior a 6,0, as equações oriundas das incubações curta ou longa podem ser utilizadas para estimar com precisão os valores de H+Al e, conseqüentemente, a dose de calcário necessária. As doses de calcário estimadas, para a região da Campanha Gaúcha, pelas incubações curta e longa abaixo de pH - TSM 6,0 foram menores que as estimadas pela equação da CQFS-RS/SC (2016), para elevar o pH em água para 6,0 e 6,5. Por outro lado, em valores de pH-TSM maiores que 6,0, as doses de calcário estimadas pelos três métodos foram similares.

Em áreas que serão destinadas ao cultivo da videira, recomenda-se que o calcário seja aplicado, preferencialmente, em toda a superfície do solo e, em seguida, incorporado até a camada de 0-20 cm. Quando possível, especialmente em solos arenosos, a incorporação pode ser realizada até 30 cm de profundidade. Nessa situação, a dose a ser aplicada deve corresponder a 1,5 vez a recomendada para a camada de 0-20 cm. Caso o técnico optar em incorporar o calcário em camadas mais profundas, como até 60 ou 70 cm de profundidade, uma dificuldade será estabelecer a dose correta. Também, provavelmente, o calcário não será incorporado homogêneo ao solo. Sugere-se evitar, sempre que possível, a aplicação de calcário somente nas faixas de transplante das mudas de videira. Isso porque, o crescimento do sistema radicular poderá ser prejudicado, uma vez que, as raízes terão dificuldades em se expandir para as entrelinhas que não receberam a calagem.

Em vinhedos em produção, sugere-se realizar, anualmente, a coleta de solo na camada de 0-20 cm. Quando o pH for igual ou inferior a 5,5, a dose do corretivo da acidez deve ser determinada com base no Índice SMP, conforme indicado na Tabela 1, considerando a região de cultivo. Nesses casos, a aplicação do calcário deve ser feita em toda a área do vinhedo, abrangendo tanto as linhas quanto as entrelinhas. Até o momento, não se recomenda a incorporação do calcário ao solo com o uso de implementos agrícolas em áreas de vinhedos em produção. Isso porque, ainda não é suficientemente

conhecido se a mobilização do solo poderá aumentar a disseminação de doenças em vinhedos que poderão atacar o sistema radicular das videiras. Além disso, são escassas as informações sobre o dano físico que as operações de mobilização do solo poderão causar no sistema radicular, as quais podem comprometer a produtividade e reduzir a longevidade dos vinhedos.

**Tabela 1.** Quantidade de calcário ( $t\ ha^{-1}$ ) necessária para elevar o pH em água do solo, na camada 0-20 cm, para 5,5, 6,0 e 6,5, de acordo com Índice SMP/TSM, nos estados do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC); e quantidade de calcário ( $t\ ha^{-1}$ ) necessária para elevar o pH em água do solo, na camada 0-20 cm, para 6,0 e 6,5, de acordo com as incubações longa e curta, para solos de textura arenosa da região da Campanha Gaúcha (RS).

Índice SMP ou TSM	pH desejado pela CQFS-RS/SC (2016), para todos os solos do RS e SC <sup>(1)</sup>			pH desejado pela Incubação Curta para solos arenosos da Campanha Gaúcha <sup>(2)</sup>		pH desejado pela Incubação Longa para solos arenosos da Campanha Gaúcha <sup>(2)</sup>	
	5,5	6,0	6,5	6,0	6,5	6,0	6,5
	----- $t\ ha^{-1} *$ -----			----- $t\ ha^{-1} *$ -----			
≤ 4,4	15,0	21,0	29,0	5,9	12,5	8,3	12,0
4,5	12,5	17,3	24,0	5,6	11,6	7,5	10,8
4,6	10,9	15,1	20,0	5,3	10,7	6,7	9,8
4,7	9,6	13,3	17,5	5,0	9,8	6,1	8,9
4,8	8,5	11,9	15,7	4,7	9,1	5,5	8,1
4,9	7,7	10,7	14,2	4,4	8,3	4,9	7,3
5,0	6,6	9,9	13,3	4,1	7,7	4,4	6,6
5,1	6,0	9,1	12,3	3,9	7,1	4,0	6,0
5,2	5,3	8,3	11,3	3,6	6,5	3,6	5,4
5,3	4,8	7,5	10,4	3,4	6,0	3,2	4,9
5,4	4,2	6,8	9,5	3,2	5,5	2,9	4,5
5,5	3,7	6,1	8,6	3,0	5,1	2,6	4,1
5,6	3,2	5,4	7,8	2,9	4,7	2,4	3,7
5,7	2,8	4,8	7,0	2,7	4,3	2,1	3,3
5,8	2,3	4,2	6,3	2,5	4,0	1,9	3,0
5,9	2,0	3,7	5,6	2,4	3,7	1,7	2,7
6,0	1,6	3,2	4,9	2,2	3,4	1,6	2,5
6,1	1,3	2,7	4,3	2,1	3,1	1,4	2,2
6,2	1,0	2,2	3,7	2,0	2,9	1,3	2,0
6,3	0,8	1,8	3,1	1,9	2,7	1,1	1,8
6,4	0,6	1,4	2,6	1,8	2,5	1,0	1,7
6,5	0,4	1,1	2,1	1,7	2,3	0,9	1,5
6,6	0,2	0,8	1,6	1,6	2,1	0,8	1,4
6,7	0,0	0,5	1,2	1,5	1,9	0,8	1,2
6,8	0,0	0,3	0,8	1,4	1,8	0,7	1,1
6,9	0,0	0,2	0,5	1,3	1,6	0,6	1,0
7,0	0,0	0,0	0,2	1,2	1,5	0,6	0,9
7,1	0,0	0,0	0,0	1,1	1,4	0,5	0,8

<sup>(1)</sup> Calcário com PRNT 100%. <sup>(1)</sup> Fonte: CQFS-RS/SC (2016). <sup>(2)</sup> Fonte: Adaptado de Brunetto et al. (2019).

#### 4. Adubação de pré-plantio em áreas a serem cultivadas com vinhedos

A adubação de pré-plantio tem como objetivo suprir o solo com os nutrientes necessários para elevar seus teores até os níveis críticos ou faixas de suficiência considerados adequados para produção. Nessa etapa, monitora-se especialmente a necessidade de aplicação de fertilizantes fosfatados e potássicos, necessários para o estabelecimento inicial das videiras. De acordo com as recomendações da CQFS-RS/SC (2016), a necessidade e a dose de P devem ser determinadas com base no teor de argila e no teor de P disponível no solo (Tabela 2). Por sua vez, a necessidade de K é estabelecida considerando a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC<sub>pH7,0</sub>) e o teor de K trocável no solo (Tabela 3).

**Tabela 2.** Classes de interpretação da disponibilidade dos teores de P no solo extraídas por Mehlich-1, em relação ao teor de argila do solo.

Classe	Classe de teor de argila (%)			
	≤ 20	21 - 40	41 - 60	> 60
	----- mg dm <sup>-3</sup> de P -----			
<b>Muito Baixo</b>	≤ 10,0 <sup>(1)</sup>	≤ 6,0	≤ 4,0	≤ 3,0
<b>Baixo</b>	10,1 - 20,0	6,1 - 12,0	4,1 - 8,0	3,1 - 6,0
<b>Médio</b>	20,1 - 30,0	12,1 - 18,0	8,1 - 12,0	6,1 - 9,0
<b>Alto</b>	30,1 - 60,0	18,1 - 36,0	12,1 - 24,0	9,1 - 12,0
<b>Muito Alto</b>	> 60,0	> 36,0	> 24,0	> 12,0

<sup>(1)</sup> Caso utilizado o método Mehlich-3 para a análise, transformar os teores em "equivalentes Mehlich-1", de acordo com a equação: P-M1 = (P-M3)/(1,38-(0,01\*arg)). Fonte: Adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

**Tabela 3.** Classes de interpretação da disponibilidade dos teores de K no solo extraídas por Mehlich-1, em relação a CTC<sub>pH7,0</sub> do solo.

Classe	CTC <sub>pH7,0</sub> do solo <sup>(1)</sup>			
	≤ 7,5	7,6 - 15,0	15,1 - 30,0	> 30,0
	----- mg dm <sup>-3</sup> de K -----			
<b>Muito Baixo</b>	≤ 20	≤ 30	≤ 40	≤ 45
<b>Baixo</b>	21 - 40	31 - 60	41 - 80	46 - 90
<b>Médio</b>	41 - 60	61 - 90	81 - 120	91 - 135
<b>Alto</b>	61 - 120	91 - 180	121 - 240	136 - 270
<b>Muito Alto</b>	> 120	> 180	> 240	> 270

<sup>(1)</sup> Caso utilizado o método Mehlich-3 para a análise, transformar os teores em "equivalentes Mehlich-1", de acordo com a equação KM1 = KM3 x 0,83. Fonte: Adaptado CQFS-RS/SC (2016).

Para a adubação em pré-plantio, as doses de P e K a serem adicionadas são apresentadas na tabela 4.

**Tabela 4.** Quantidade de fósforo e potássio recomendadas em pré-plantio para as espécies frutíferas em função dos teores de P e K disponíveis no solo.

Interpretação do teor de P e K no solo	Nutriente <sup>(1)</sup>	
	Fósforo	Potássio
	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O
<b>Muito Baixo</b>	250	150
<b>Baixo</b>	170	90
<b>Médio</b>	130	60
<b>Alto</b>	90	30
<b>Muito Alto</b>	0	0

<sup>(1)</sup> Dependendo do tipo de solo, da espécie frutífera e do sistema de produção, essas doses podem ser aumentadas ou diminuídas a critério do técnico responsável pelo pomar. Fonte: Adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

Todos os fertilizantes deverão ser aplicados sobre a superfície do solo e incorporados na camada 0-20 cm, no pré-plantio. Também, opcionalmente, os fertilizantes poderão ser incorporados até a camada 0-30 cm. Neste caso, deverá ser aplicada 1,5 vezes a dose recomenda, por exemplo, de P e K, para a camada 0-20 cm. Outra possibilidade é a aplicação localizada do fertilizante no sulco de plantio. Essa prática reduz significativamente a dose que seria utilizada em um hectare, diminuindo os custos de implantação. Maiores detalhes podem ser obtidos em Brunetto et al. (2023).

Convém destacar que já foi observado à campo, especialmente, em solos arenosos, que as doses de P e K aplicadas foram muito reduzidas ao solo quando incorporadas. Com isso, os teores de P e K, provavelmente, não foram suficientes, para atingir os níveis críticos, o que comprometeu o crescimento das videiras jovens, retardando o início da produção da uva. Este comportamento, pode não acontecer, necessariamente, em solos mais argilosos e com maiores teores de matéria orgânica.

Além do P e K, que são macronutrientes, o boro é um micronutriente importante para o crescimento das videiras, sendo conveniente o monitoramento regular de seu teor no solo. Caso necessário, este nutriente também deverá ser aplicado, conforme sugerido por Melo (2003), onde é apresentado o procedimento a ser adotado quando há a necessidade de adubação de correção ou manutenção de B. O teor ideal de B no solo para videira é 1,1 mg L<sup>-1</sup>, assim quando em teores menores o indicado é realizar a aplicação de fertilizantes com B em sua composição (Tabela 5).

**Tabela 5.** Fertilizantes boratados utilizados para correção da deficiência de boro.

Material	Fórmula química	Teor aproximado	Quantidade a aplicar	Época de aplicação	Modo de aplicação
		g kg <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>		
Ácido bórico	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	17,5	55	Preparo do solo	Toda área
Bórax	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> *10H <sub>2</sub> O	11,5	85	Preparo do solo	Toda área

Fonte: Adaptado Melo (2003).

Fertilizantes industrializados e orgânicos podem ser utilizados como fontes de P, K e micronutrientes, como o B, Zn, entre outros. Quando a opção for pelo uso de adubos orgânicos – com exceção dos dejetos líquidos –, a dose a ser aplicada deverá ser estabelecida considerando os critérios propostos pela CQFS-RS/SC (2016). Para isso, são consideradas as concentrações de nutrientes e de matéria seca no resíduo orgânico, bem como os índices de eficiência, que indicam a proporção do nutriente que será disponibilizada às plantas no solo em relação à quantidade total presente no adubo orgânico. A dose do adubo orgânico (A), expressa em kg ha<sup>-1</sup>, é calculada pela seguinte equação:

$$A = QD \div [(B/100) \times (C/100) \times D] \quad \text{Equação 1}$$

Em que B representa o teor de matéria seca do adubo orgânico (%), C é a concentração do nutriente na matéria seca (%), D é o índice de eficiência agrônômica do nutriente e QD é a quantidade do nutriente demandada pela cultura (kg ha<sup>-1</sup>), conforme estabelecido pela CQFS-RS/SC (2016).

## 5. Adubação de crescimento em vinhedos

Na adubação de crescimento, até o terceiro ano após o plantio, sugere-se a aplicação de apenas N, para estimular o crescimento das raízes e parte aérea. A dose de N é estabelecida a partir do teor de matéria orgânica do solo (Tabela 6). Quando definida a necessidade, fertilizantes

nitrogenados industrializados e orgânicos poderão ser aplicados na área da projeção da copa das videiras ou na linha de plantio. Sugere-se a aplicação sobre a superfície do solo, sem incorporação. Por outro lado, o técnico poderá optar pela incorporação do fertilizante nitrogenado. Porém, isso deverá ser realizado sem causar danos mecânicos às raízes, a fim de não potencializar a incidência de doenças radiculares. Além disso, recomenda-se que a vegetação espontânea na linha de plantio de videiras jovens deve ser mantida roçada. Isso pode diminuir a competição da vegetação espontânea por água e nutrientes, especialmente N, com a videira. Caso a competição aconteça, o crescimento vegetativo das videiras jovens será retardado, o que não é desejado. Inclusive, isso já foi observado em experimentos realizados na região da Campanha Gaúcha (Brunetto et al., 2016).

**Tabela 6.** Recomendação de adubação nitrogenada para videiras viníferas, em função do teor de matéria orgânica do solo.

Teor de matéria orgânica no solo	Anos após o plantio		
	1º	2º	3º
	Doses de N em uva para vinho		
(%)	kg N ha <sup>-1</sup>		
< 2,5	30	40	50
2,6 a 5,0	20	20	30
> 5,0	≤ 10	≤ 10	0

Fonte: Adaptado CQFS-RS/SC (2016).

## 6. Adubação de produção em vinhedos

### 6.1 Níveis críticos (NC) e faixas de suficiência (FS) de nutrientes

Os NC ou FS de nutrientes, em solo ou folhas, podem ser usados para definir quais nutrientes devem ser aplicados. Os valores de nutrientes presentes em laudos de análise de solo e folhas menores que os valores de NC e FS presentes em tabelas, significa a necessidade de adubação e, quando acima destes, a probabilidade de resposta à aplicação de nutrientes é baixa e, por isso, não devem ser fornecidos em vinhedos.

Os NC e FS de nutrientes em folhas de videira podem ser observados no Manual de Adubação e Calagem para os Estados do RS e SC (CQFS-RS/SC, 2016). No entanto, nos últimos anos foram gerados NC e FS de nutrientes em folhas em relação a produção e variáveis de qualidade do mosto e vinho, específicos, às videiras cultivadas na Campanha Gaúcha (Tabela 7). Inclusive, também foram propostos NC e FS de nutrientes no solo em relação à produtividade das videiras cultivadas na região da Campanha Gaúcha (Tabela 8).

**Tabela 7.** Níveis críticos (NC) e faixas de suficiência (FS) de nutrientes em folhas completas (coletadas no pleno florescimento), em relação a produção e variáveis químicas do mosto e vinhos de videiras viníferas, cultivadas na região da Campanha Gaúcha do RS.

Produção de uva		
Nutrientes em folhas	Nível crítico (NC)	Faixa de Suficiência (FS)
		-----g kg <sup>-1</sup> -----
N	25	20 - 30
P	3,5	2,5 - 4,5
K	15	10 - 20
Ca	20	15 - 25
Mg	3,5	2,5 - 4,5
S	3,5	3 - 4
		-----mg kg <sup>-1</sup> -----
B	35	30 - 40
Cu	12	10 - 15
Zn	40	25 - 60
Fe	116	91 - 142
Mn	492	398 - 586
Variáveis químicas do mosto <sup>(1)</sup>		
	Níveis críticos (NC)	Faixa de Suficiência (FS)
		Sólidos Solúveis Totais (°Brix)
		-----g kg <sup>-1</sup> -----
N	23	21 - 25
P	3,5	3 - 4
K	15	10 - 20
		Acidez Total Titulável (meq L <sup>-1</sup> )
		-----g kg <sup>-1</sup> -----
N	24	21 - 25
K	15	10 - 20
		Antocianinas Totais (meq L <sup>-1</sup> )
		-----g kg <sup>-1</sup> -----
N	24	23 - 25
Variáveis químicas do vinho <sup>(2)</sup>		
	Níveis críticos (NC)	Faixa de Suficiência (FS)
		-----g kg <sup>-1</sup> -----
N	23	21 - 25
P	2,5	2 - 3
K	15	10 - 20

<sup>(1)</sup> Para as outras variáveis de mosto não foi possível ajustar valores de NC e FS. <sup>(2)</sup> Os valores de NC e FS para vinho foram propostos considerando as variáveis de etanol, acidez total titulável e pH. Fonte: Adaptado de Tassinari et al. (2023).

**Tabela 8.** Níveis críticos (NC) e faixas de suficiência (FS) de nutrientes no solo em relação à produtividade de videiras viníferas, cultivadas na região da Campanha Gaúcha do RS.

Nutriente no solo	Nível Crítico (NC)	Faixa de Suficiência (FS)
P (mg dm <sup>-3</sup> )*	40,0	35,0 - 45,0
K (mg dm <sup>-3</sup> **)	90,0	80,0 - 100,0
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,2	0,9 - 1,4
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,3	0,2 - 0,4
S (mg dm <sup>-3</sup> )	9,9	8,5 - 12,4
B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,6	0,5 - 0,7
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	41,0	37,1 - 43,6
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	8,7	8,0 - 9,4
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	8,9	7,3 - 10,1
Saturação por bases (%)	70	65 - 81

\* Classe de teor de argila (classe 4: ≤ 20%); \*\* Capacidade de troca cátions (classe baixa: ≤ 7,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>). As doses sugeridas, com exceção de P e K (10 e 15 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente), referem-se a uma expectativa de produtividade média de 8 e 10 t ha<sup>-1</sup> de uvas, para videiras viníferas tintas e brancas, respectivamente. Fonte: Adaptado de Tassinari et al. (2023) e Andrade et al. (2023).

## 6.2 Doses de nutrientes

As doses de nutrientes para videiras em produção, na Campanha Gaúcha, são apresentadas na Tabela 9. A adequada dose de máxima eficiência técnica (MET) para incremento de produção de uva também é crucial para a produção de vinhos de qualidade, pois influencia diretamente o desenvolvimento da videira e, conseqüentemente, a composição da uva e do mosto. Mas, a dose de MET proposta para a produção, em alguns casos pode não ser a mesma para manutenção da qualidade dos vinhos. Assim, a proposição de doses também para a elaboração de vinhos com qualidade enológica apreciada pelos consumidores é uma estratégia a ser utilizada pelo produtor, que almeja intensificar a qualidade de vinhos. Convém destacar que são cultivares de videira viníferas, cultivadas em sistema de condução em espaldeira, com baixas a média produtividades (10 a 15 toneladas de uva ha<sup>-1</sup>) ao longo dos anos, sendo os solos arenosos (classe 4: < 20% de argila) e com baixo teor de matéria orgânica (classe baixa: < 2,5%). Por isso, sugere-se que o técnico use essas doses como referência, as quais poderão ser ajustadas para mais, dependendo do tipo de solo e, especialmente, produtividade de uva por hectare.

**Tabela 9.** Proposição de doses de máxima eficiência técnica (MET) de nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) em folhas de videiras ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’, cultivadas na região da Campanha Gaúcha (RS), em relação à produção de uvas e composição do mosto e do vinho.

Nutriente	Proposição de doses de máxima eficiência técnica de nutrientes	
	‘Chardonnay’	‘Pinot Noir’
Produção de uva	----- kg ha <sup>-1</sup> -----	
N	50 (40 - 60) <sup>(1,4)</sup>	40 (30 - 50) <sup>(1,4)</sup>
P	40 (30 - 50) <sup>(2,4)</sup>	50 (40 - 60) <sup>(2,4)</sup>
K	50 (40 - 60) <sup>(3,4)</sup>	40 (30 - 50) <sup>(3,4)</sup>
Mosto e Vinho	----- kg ha <sup>-1</sup> -----	
N	40 (30 - 50) <sup>(1)</sup>	40 (30 - 50) <sup>(1)</sup>
P	40 (30 - 50) <sup>(2)</sup>	60 (50 - 70) <sup>(2)</sup>
K	40 (30 - 50) <sup>(3)</sup>	40 (30 - 50) <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> kg ha<sup>-1</sup> de N; <sup>(2)</sup> kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; <sup>(3)</sup> kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; <sup>(4)</sup> As doses sugeridas para expectativa de produção de 10 a 15 t ha<sup>-1</sup> para videiras ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’. Para produtividades maiores ou mesmo para cultivares similares, sugere-se que os técnicos responsáveis façam ajustes nas doses. Fonte: Adaptado de Stefanello et al. (2021a) e Tassinari et al. (2023).

Para esses mesmos solos, estudos que avaliaram a suplementação de magnésio (Mg) como adubação de manutenção, o qual normalmente é fornecido apenas no momento da implantação dos vinhedos e, de forma indireta, por meio da calagem — apresentaram resultados promissores sobre os componentes de produção de videiras viníferas comerciais. A aplicação de doses crescentes de Mg resultou em efeitos positivos na produtividade de uvas brancas da cultivar Chardonnay, com resposta linear ao aumento das doses testadas (0, 10, 20, 30 e 40 kg ha<sup>-1</sup>). A maior produtividade foi observada com a dose de 40 kg Mg ha<sup>-1</sup>, correspondendo a um incremento de aproximadamente 2,3 t ha<sup>-1</sup> em relação ao controle (Hartmann et al., 2024). Em contrapartida, para videiras tintas (‘Cabernet Sauvignon’) a suplementação com Mg não influenciou significativamente a produção das videiras, apesar de influenciar positivamente o número de cachos produzidos e o peso de bagas (Gulartt et al., 2024).

Semelhante a adubação de pré-plantio e de crescimento, na adubação de produção, também podem ser utilizados resíduos orgânicos como fontes de N, P e K, considerando a sistemática de cálculo proposta pela CQFS-RS/SC (2016).

Por outro lado, com o aumento das oscilações climáticas é importante considerar o clima na proposição de doses de fertilizantes. Isso porque, especialmente temperaturas extremas (mínimas e máximas) e precipitação podem influenciar na eficiência da aplicação dos fertilizantes quanto a necessidade nutricional da planta. O fertilizante nitrogenado, de maneira geral, é o mais impactado pelos efeitos climáticos. Isso acontece, principalmente, pelas diversas transformações microbianas que acontece com o N no solo, que são sensíveis aos fatores climáticos (umidade do solo, temperatura etc.), que podem ter seu efeito alterado. Também, devem ser consideradas as perdas de formas de N, especialmente por volatilização de amônia (NH<sup>3</sup>), quando o N é aplicado em superfície. Nesse sentido, estabelecer doses de fertilizantes em função de agrupamento de safras, com base no clima é interessante para maior assertividade no manejo nutricional das plantas. Desta forma, foram propostas doses de máxima eficiência técnica de N em relação a produção e variáveis de mosto e vinho para videiras 'Chardonnay' e 'Pinot Noir', na Campanha Gaúcha (Tabela 10). As doses de MET considerando o grupamento de safras, até o momento, foram propostas apenas para N.

**Tabela 10.** Doses de máxima eficiência técnica de nitrogênio, considerando grupamento de safras, em relação a produtividade de uva e variáveis de mosto e vinho, para videiras 'Pinot Noir' e 'Chardonnay', submetidas à adubação nitrogenada e cultivadas em solo arenoso e clima subtropical.

Variável	'Pinot Noir'				'Chardonnay'				
	Grupos de safras								
	G1 <sup>(1)</sup>	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4	
	kg ha <sup>-1</sup>								
<b>Produtividade</b>	40 <sup>(2)</sup>	40	60	40	60	40	40	0	
<b>Mosto</b>	SST	20	40	20	0	0	20	20	60
	ATT	60	80	60	40	40	40	40	40
	Polifenóis	40	20	40	40	40	40	20	10
	Antocianinas	40	40	40	60	-	-	-	-
<b>Vinho</b>	Acidez total	60	60	20	60	60	40	60	60
	pH	40	60	40	10	20	60	40	10
	Etanol	40	20	40	40	20	60	0	10

<sup>(1)</sup> Grupo 1: clima quente e úmido, com precipitação >2000 mm ao longo de todo o ciclo da videira, 320 mm de chuva no florescimento e 620 mm de chuva na maturação da uva até a colheita; Grupo 2: clima quente e úmido, com precipitação <1600 mm ao longo de todo o ciclo da videira, 550 mm de chuva no florescimento e 180 mm de chuva na maturação da uva até a colheita; Grupo 3: clima frio e seco, com precipitação < 1300 mm ao longo de todo o ciclo da videira, 150 mm de chuva no florescimento e 240 mm de chuva na maturação da uva até a colheita; e Grupo 4: clima frio e úmido, com precipitação >1600 mm ao longo de todo o ciclo da videira, 400 mm de chuva no florescimento e 460 mm de chuva na maturação da uva até a colheita. <sup>(2)</sup> Dose de máxima eficiência técnica de N (kg ha<sup>-1</sup> de ureia) a ser aplicada em videiras 'Pinot Noir' e 'Chardonnay' para que as videiras expressem o máximo potencial nas variáveis de produção e mosto. SST – Sólidos solúveis totais. ATT – acidez total titulável. Fonte: Adaptado de Tassinari et al. (2025).

### 6.3 Épocas de aplicação de nutrientes

Fertilizantes fosfatados e potássicos, devem ser aplicados, preferencialmente, no período de repouso das videiras, antes ou próximo da brotação (por exemplo, final de julho, início de agosto). Isso porque, as perdas destes dois nutrientes em solos de vinhedos, que possuem teores considerados próximos aos adequados para a cultura, tendem a ser pequenas. A aplicação de corretivo da acidez do solo, como o calcário, quando necessário, também poderá ser realizada neste mesmo período.

A aplicação de fertilizantes nitrogenados deve ser preferencialmente realizada durante a brotação, especialmente quando as doses recomendadas são baixas. No entanto, pesquisas indicam que a aplicação pode ser fracionada, com parte do N sendo fornecida na brotação e o restante após o pleno florescimento (Brunetto et al., 2016). Um estudo recente, conduzido ao longo de três safras, mostrou aumento na produtividade da cultivar 'Cabernet Sauvignon' com a aplicação do N particionada igualmente entre as fases de brotação, depois da floração e mudança da cor das bagas (dados não publicados).

Como o N é o nutriente com maior potencial de impacto na produção, mas também na qualidade do produto, é importante considerar que, no RS, foi observado que doses excessivas de N podem diminuir os valores de variáveis enológicas no mosto da uva, como antocianinas e sólidos solúveis totais, entre outras.

#### **6.4 Modos de fornecimento de nutrientes**

Os fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos em vinhedos em produção podem ser aplicados sobre a superfície do solo, sem incorporação, para evitar danos no sistema radicular. No entanto, os fertilizantes podem ser aplicados, na projeção da copa das videiras, onde, normalmente, existe maior concentração de raízes na camada mais superficial do solo. Porém, quando em vinhedos em produção com maiores idades, os fertilizantes podem ser distribuídos nas entrelinhas.

Fertilizantes nitrogenados, como a ureia, pode ser aplicada via fertirrigação. Sugere-se a aplicação de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, de maneira parcelada. O parcelamento da dose pode ser realizado em quatro oportunidades. Assim, 10 kg ha<sup>-1</sup> de N podem ser aplicados em quatro semanas, no período de brotação das videiras. Caso existam outras limitações para este modelo de parcelamento, sugere-se realizar a aplicação da dose em duas aplicações de 20 kg ha<sup>-1</sup>, com intervalos de 15 dias entre as aplicações. Os estudos realizados pelo GEPACES-UFSM com fertirrigação nitrogenada até o momento foram conduzidos em sistema de irrigação por gotejamento, com taxa de irrigação de 1,6 L hora<sup>-1</sup>, utilizando aspersores espaçados a cada 0,6 m (Stefanello et al., 2021b; Brunetto et al., 2025). Sugere-se realizar cada aplicação da dose de N em 3 etapas: (i) 10 minutos de irrigação utilizando somente água, a fim de retirar o ar das mangueiras de irrigação e criar uma frente de umidade no solo; (ii) 10 minutos de solução nitrogenada contendo a parcela da dose de N recomendada; (iii) 10 minutos de irrigação somente com água para limpar o sistema de irrigação, e garantir que todo N contido pela dose de recomendação tenha sido aplicado.

#### **6.5 Fontes de nutrientes**

Fertilizantes industrializados (P - superfosfato simples, superfosfato triplo, formulações etc.; K - cloreto de potássio, formulações etc.; N - ureia, nitrato de cálcio etc.; e orgânicos (dejetos de animais, composto orgânico, vermicomposto etc.), são utilizados como fonte de nutrientes em vinhedos.

A aplicação dos nutrientes nem sempre garante que as videiras expressem o seu máximo potencial de produção e qualidade do mosto e vinho. Nesse caso, formulações de fontes minerais que possibilitem uma maior eficiência de absorção, com uma liberação mais gradual e menores perdas são constantemente elaboradas pelo mercado. Estudos recentes conduzidos em vinhedos comerciais na região da Campanha Gaúcha avaliaram o uso de uma fonte tradicional de fósforo (MAP), com e sem

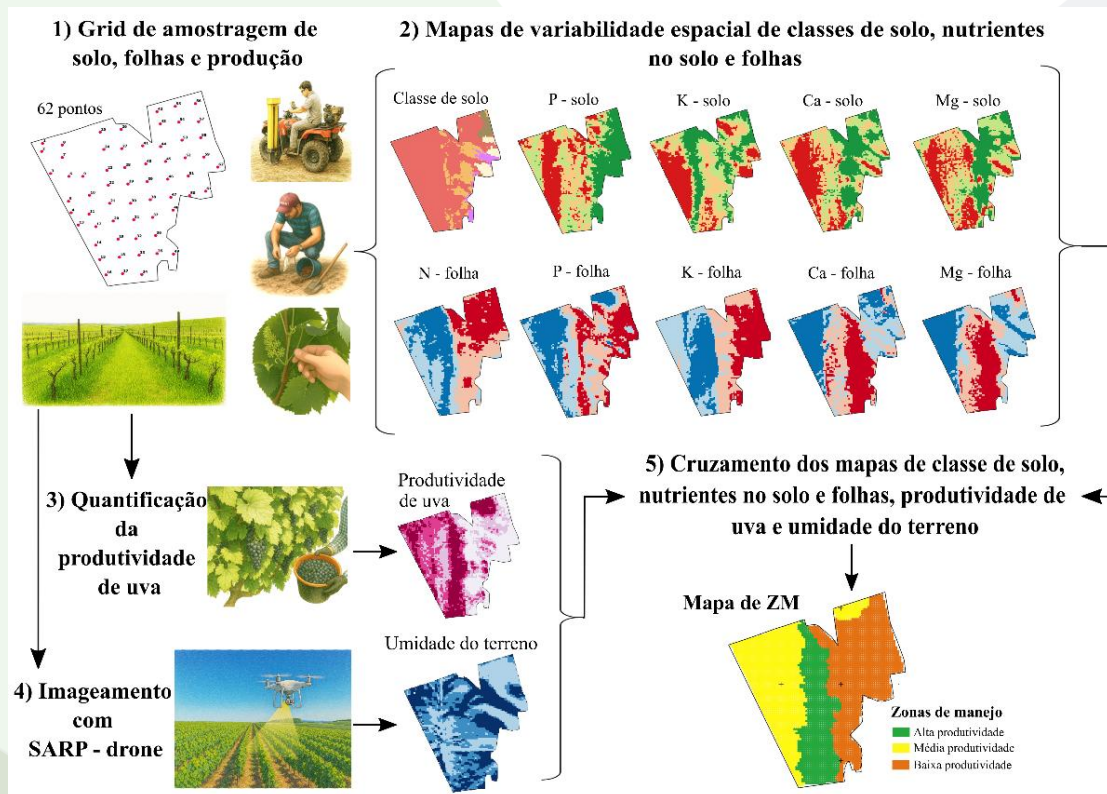
suplementação de enxofre (S), além de uma fonte comercial com tecnologia incorporada (MicroEssentials®), aplicada como adubação de manutenção. A partir dos resultados obtidos na segunda safra avaliada, observou-se um aumento significativo na produtividade e no número de cachos da cultivar Cabernet Sauvignon com o uso do fertilizante MicroEssentials®, cuja formulação contém P e S. Esse tratamento resultou em um incremento médio de aproximadamente 4,2 t ha<sup>-1</sup>. Esses resultados sugerem um possível efeito positivo do S na eficiência de aproveitamento do P pelas videiras (Welter et al., 2025).

Alguns resultados de pesquisas indicam que o uso de resíduos orgânicos, pode aumentar a produção de uva, embora, em alguns casos, esteja associado à depreciação de variáveis enológicas no mosto importantes para a elaboração de vinhos. Entretanto, esses efeitos negativos nem sempre são observados, pois podem variar conforme o tipo de solo, a cultivar utilizada e as condições climáticas da safra (Brunetto et al., 2018b).

## **7. Uso de zonas de manejo para aumentar a produção e melhorar a qualidade do mosto e vinhos**

Os solos da Campanha Gaúcha apresentam elevada variabilidade espacial, com destaque para as condições de drenagem e profundidade efetiva do solo. Essa variabilidade reflete em uma ampla diversidade de propriedades físicas, químicas e biológicas, as quais influenciam significativamente a disponibilidade de água e de nutrientes para as plantas. Por isso, a delimitação de zonas de manejo (ZM) nos vinhedos da Campanha Gaúcha se mostra uma estratégia viável e altamente eficaz para otimizar tanto a produtividade das uvas quanto a qualidade do mosto, agregando valor ao produto final, o vinho. Da mesma forma, quando o objetivo é racionalizar o uso de fertilizantes, a adoção da Viticultura de Precisão e a geração de mapas de ZM são ferramentas essenciais para direcionar as práticas de adubação em vinhedos (Moura-Bueno et al., 2025; Paese et al., 2025). Mapas de ZM também permitem identificar e delimitar zonas de *terroir*, o que possibilita a colheita de uvas com parâmetros de mosto específicos para uso em cortes de vinhos, visando complexidade e equilíbrio para vinhos finos.

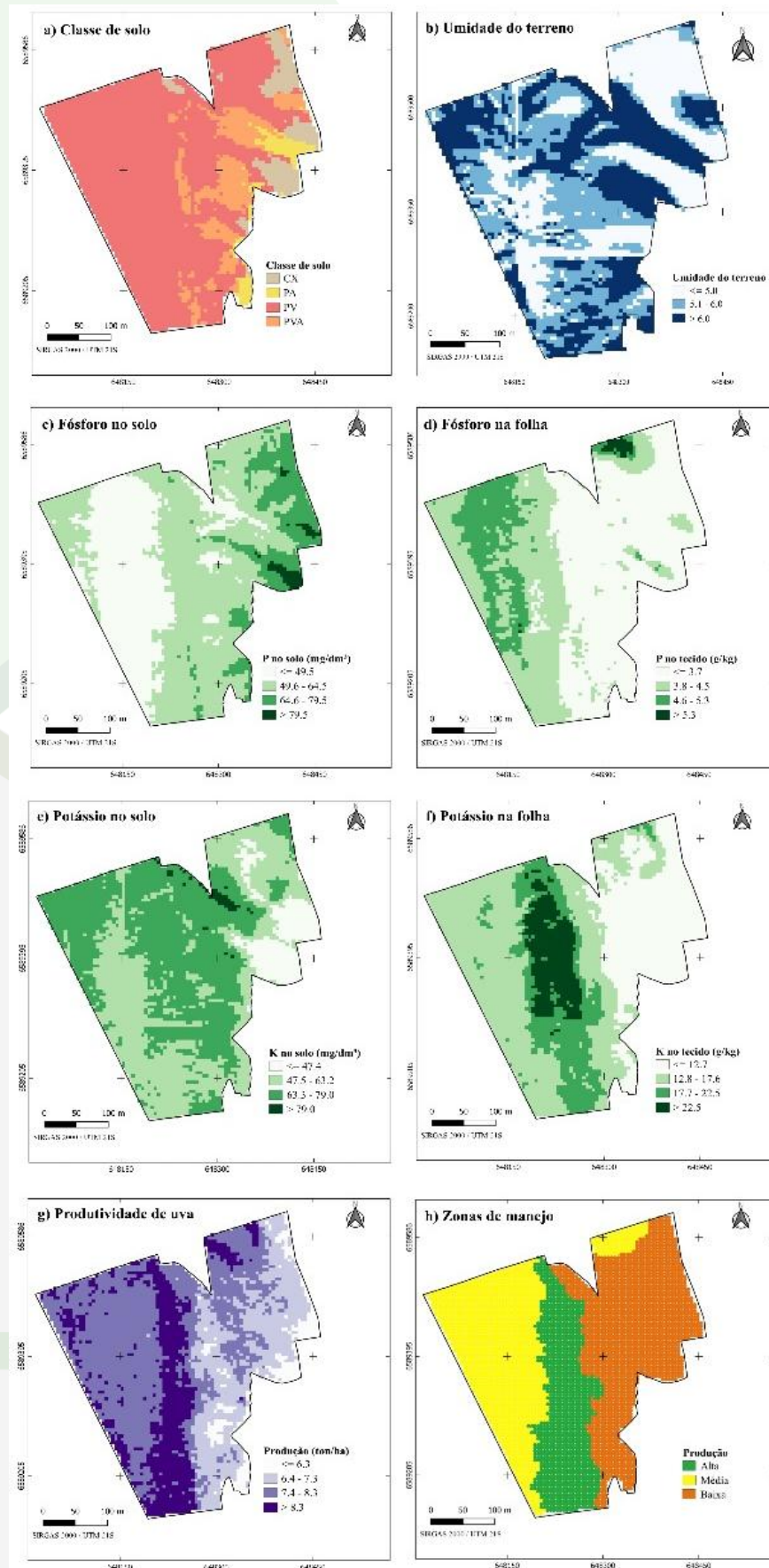
As ZM podem ser obtidas a partir da combinação de uma série de dados/informações extraídas de amostras de solo, folha e produtividade de um determinado vinhedo. Neste cenário, a coleta de amostras de solo e planta georreferenciada (coordenadas de latitude e longitude) (etapa 1, Figura 3), obtenção de mapas de variabilidade espacial de tipos de solo e de nutrientes no solo e planta (etapa 2, Figura 3), mapas de produtividade de uva (etapa 3, Figura 3), mapas de índices de vegetação do vinhedo (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI, por exemplo) e variáveis do terreno (umidade do terreno, por exemplo) obtidos por sistemas de aeronaves remotamente pilotadas (SARPs - drones) (etapa 4, Figura 3), permite a delimitação de ZM (etapa 5, Figura 3). Cabe ressaltar que para a geração de mapas de classe de solo, NDVI, umidade do terreno e nutrientes devem ser contratadas empresas especializadas, em geral, relacionadas à agricultura de precisão.



**Figura 3.** Representação das etapas para definição de zonas de manejo (ZM) em vinhedo. Adaptado de Moura-Bueno et al. (2025).

A seguir é apresentado um estudo de definição e delimitação de ZM em vinhedo com a cultivar Pinot Noir, localizado na região da Campanha Gaúcha. As ZM foram obtidas a partir do cruzamento das informações de mapas de classes de solo, nutrientes no solo e folhas, produtividade de uva e umidade do terreno (Figura 4). A partir disso, foi possível estabelecer três ZM no vinhedo, sendo elas de alta, média e baixa produtividade (Figura 4h).

A zona de alta produtividade (Figuras 4g, h) apresentou produtividade média de 9,0 toneladas por hectare e é composta predominantemente por Argissolo Vermelho (PV) (Figura 4a), que representa 85% dos solos da ZM-Alta. Também há pequenas ocorrências de Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), com 14%, e Cambissolo Háplico (CX), com apenas 1%. O Argissolo Vermelho se destaca por ser um solo profundo e bem drenado, características que favorecem o desenvolvimento e crescimento do sistema radicular e garantem maior estabilidade e absorção de nutrientes e água pela planta, resultando em bom desempenho produtivo. Já o Argissolo Vermelho-Amarelo, apresenta drenagem moderada, podendo apresentar maior umidade em épocas chuvosas, o que exige atenção para não ocorrer risco de encharcamento, visto que a videira é muito suscetível a áreas mal drenadas. Por outro lado, essa maior umidade no solo pode ser benéfica em períodos de seca, ajudando a manter o suprimento de água para a planta.



**Figura 4.** Mapas de variabilidade de classes de solo, umidade do terreno, nutrientes do solo e folhas, produtividade de uva e zonas de manejo em vinhedo na Campanha Gaúcha.

A ZM de produtividade média (Figuras 4g, h), que abrange cerca de 35% da área do vinhedo, está localizada exclusivamente sobre Argissolo Vermelho (Figura 4a). Isso demonstra que mesmo dentro de um solo considerado favorável, como o Argissolo Vermelho, podem ocorrer variações de produtividade, o que reforça a importância de olhar para outros fatores como variações do relevo e teores de nutrientes no solo e folhas da videira. A produtividade média nesta zona foi de  $8,1 \text{ t ha}^{-1}$ , sendo isso resultado de variações locais na dinâmica hídrica e nutricional do vinhedo.

A ZM de baixa produtividade (Figuras 4g, h), que corresponde à 40% da área avaliada, apresentou a maior diversidade de solos (Figura 4a). O Argissolo Vermelho ainda é a classe dominante, com 47% de ocorrência, mas há também presença significativa de Argissolo Vermelho-Amarelo (25%), Argissolo Amarelo (PA), com 9%, e Cambissolo Háplico (CX), com 19%. Nessa região, a produtividade média foi de  $7,3 \text{ t ha}^{-1}$ . O Argissolo Amarelo ocorre em áreas suavemente côncavas, onde o acúmulo de umidade tende a ser maior, o que pode prejudicar a aeração do solo e limitar o crescimento das raízes. O Cambissolo Háplico, por sua vez, é um solo menos desenvolvido, com textura média, e baixa profundidade efetiva, o que dificulta a absorção de água e nutrientes e pode criar um ambiente mais restritivo ao desenvolvimento das videiras.

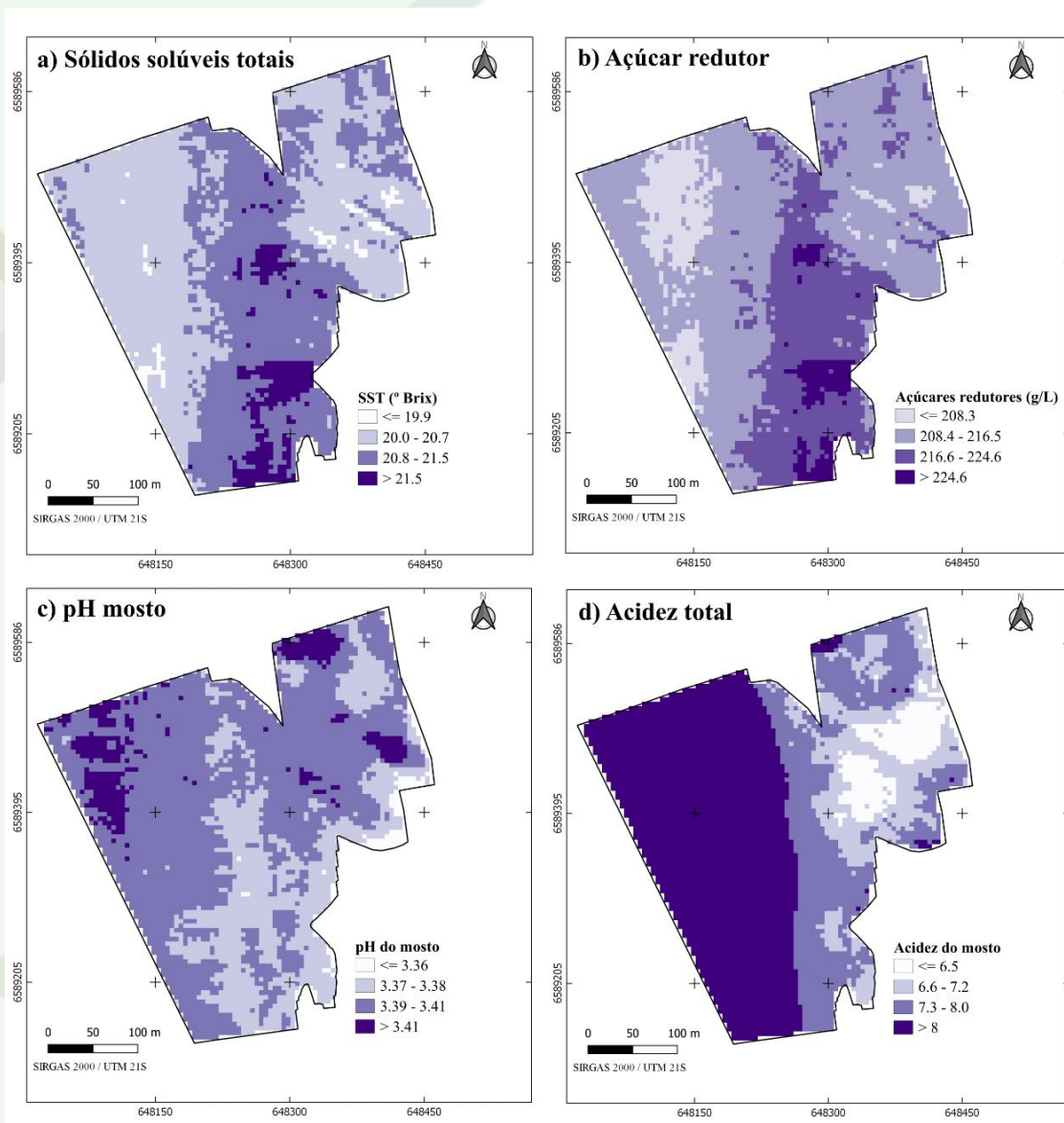
A avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas em cada ZM mostrou coerência com os resultados de produtividade e com os tipos de solo dominantes. Na ZM de alta produtividade (Figuras 4g, h), observou-se os maiores teores de P ( $56,5 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e K no solo ( $64,1 \text{ mg dm}^{-3}$ ) (Figuras 4c, e), além de altas concentrações de P ( $19,8 \text{ g kg}^{-1}$ ) e K ( $18,0 \text{ g kg}^{-1}$ ) nas folhas (Figuras 4d, f). Apesar do P foliar ser um pouco mais baixo que nas outras zonas ( $3,8 \text{ g kg}^{-1}$ ), o conjunto de condições, como declividade moderada (5%) e baixo índice de umidade do terreno (Figura 4b), criaram um ambiente equilibrado, com boa drenagem superficial, oxigenação adequada do solo e absorção eficiente de nutrientes.

Nas ZM de média e baixa produtividade (Figuras 4g, h), foi observada maior variabilidade nos atributos do solo e das plantas. Na zona intermediária, os teores de P e K no solo foram menores ( $46,7$  e  $62,7 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectivamente) (Figuras 4c, e). Já na ZM de baixa produtividade, os menores teores de K ( $11,6 \text{ g kg}^{-1}$ ) e P ( $3,4 \text{ g kg}^{-1}$ ) nas folhas indicam um ambiente nutricional mais limitado (Figuras 4d, f). Além disso, essa zona apresentou os maiores valores de umidade do terreno (Figura 4b) e declividade (13%), o que aumenta a tendência ao acúmulo de água superficial, má oxigenação do solo e, conseqüentemente, à redução da eficiência de absorção de nutrientes.

A divisão do vinhedo em ZM possibilita estabelecer relações entre os tipos de solo, topografia do terreno, fertilidade do solo, nutrição da planta, produtividade e qualidade do mosto da uva, demonstrando que esses fatores nem sempre caminham juntos. Embora a zona de alta produtividade (região central no vinhedo – Figura 4h) apresentasse condições de solo bem drenado e nutricionais-topográficas mais favoráveis, os dados mostram que a maior produtividade observada nessa região (Figura 4g) não garantiu, por si só, melhor qualidade enológica dos frutos. A ZM de alta produtividade apresentou teores elevados no mosto, de sólidos solúveis totais (SST) e açúcares redutores (Figuras 5a, b), indicando bom acúmulo de açúcares. No entanto, o pH do mosto foi mais elevado (Figura 5c) e a acidez total foi mais baixa (Figura 5d) em comparação à zona de produtividade média. Isso sugere um descompasso na maturação da uva. Esse tipo de desequilíbrio, onde há concentração de açúcares

sem a devida preservação da acidez, pode comprometer o frescor, a estabilidade microbiológica e a estrutura do vinho final (Payan et al., 2023). Além disso, o bom suprimento nutricional pode ter estimulado vigor vegetativo excessivo, o que tende a reduzir a síntese e acúmulo de compostos fenólicos e aromáticos, prejudicando o potencial enológico dos frutos (Van Leeuwen et al., 2018; Payan et al., 2023).

Na ZM de produtividade média (Figuras 4g, h), os teores de SST e açúcares redutores foram um pouco inferiores, mas essa zona se destacou por apresentar acidez mais equilibrada e pH mais estável (Figura 5). Isso indica condições edafoclimáticas mais balanceadas, com menor vigor e maturação mais gradual, características que favorecem vinhos com maior frescor, boa acidez e maior expressão varietal. Assim, mesmo com produtividade intermediária, essa ZM revelou potencial superior para estilos de vinho que valorizam equilíbrio e tipicidade.



**Figura 5.** Mapas de variabilidade espacial de parâmetro do mosto de uvas 'Pinot Noir' cultivada em vinhedo na Campanha Gaúcha.

A ZM de baixa produtividade (Figuras 4g, h), por sua vez, concentrou solos mais rasos, mal a imperfeitamente drenados, maior declividade e limitações nutricionais, mas ainda assim apresentou mostos com acidez relativamente alta e SST estáveis (Figuras 4a, d). Apesar da produtividade reduzida, essas condições podem ser interessantes para a produção de vinhos jovens ou espumantes, onde o frescor e a acidez são atributos valorizados (Jones et al., 2014). Com manejo adequado, essas áreas podem ser estrategicamente aproveitadas para diversificar o portfólio de vinhos, especialmente em vinícolas que buscam atender diferentes nichos de mercado.

Os resultados obtidos neste estudo de caso deixam claro que a delimitação e análise por ZM vai além da simples divisão do vinhedo por produtividade. Cada ZM representa uma combinação única de solo, relevo e resposta fisiológica da planta, influenciando diretamente a composição do mosto e o perfil do vinho resultante. Por isso, recomenda-se que os produtores, vinícolas e técnicos utilizem as ZM também como base para a colheita seletiva, vinificação em separado e elaboração de blends, respeitando as características naturais de cada ambiente.

Por fim, recomenda-se que a implantação de novos vinhedos na Campanha Gaúcha leve em consideração o tipo de solo dominante e a variabilidade interna da paisagem, especialmente em relação a profundidade do solo, drenagem e declividade. A integração de informações pedológicas (tipos de solo) e topográficas no planejamento inicial permite definir ZM com diferentes potenciais produtivos e qualitativos, o que facilita decisões futuras quanto ao espaçamento, escolha de porta-enxertos, manejo nutricional e hídrico. Dessa forma, a abordagem por ZM não deve ser aplicada apenas em vinhedos consolidados, mas também na fase de implantação do vinhedo, como estratégia de longo prazo para aumentar a eficiência agrônômica e enológica do vinhedo.

## **8. Práticas e conhecimentos podem ajudar na melhoria da fertilidade do solo e nutrição de vinhedos na Campanha Gaúcha**

A Campanha Gaúcha possui solos, clima e relevo favoráveis ao cultivo da videira. Um diferencial da região é a presença de vegetação nativa do Bioma Pampa, com ampla diversidade de plantas de cobertura, especialmente das famílias *Poaceae* e *Asteraceae* (Silva et al., 2020). Essa vegetação cobre naturalmente as entrelinhas dos vinhedos conduzidos em espaldeira, favorecidas pela entrada de luz, gerando o desenvolvimento dessas plantas. Espécies como *Axonopus*, *Paspalum*, *Andropogon* e *Vernonia*, por exemplo, contribuem com mais de 90% da biomassa vegetal nas áreas nativas (Silva et al., 2020).

Práticas agrícolas como a manutenção de plantas de coberturas, nativas ou semeadas, na entrelinha de vinhedos podem contribuir para uma viticultura mais sustentável. Entre os benefícios estão: a proteção do solo contra a erosão e perdas por escoamento superficial; a melhoria da ciclagem de nutrientes, especialmente em áreas onde os fertilizantes são aplicados em superfície e tendem a se acumular nos primeiros 10 cm de solo; aumentando o teor de matéria orgânica, favorecendo o armazenamento e liberação gradual de nutrientes; e a redução de riscos ambientais associados às perdas de nutrientes pelas chuvas.

Paralelamente, em vinhedos de longa duração, torna-se necessário avaliar a resiliência do sistema produtivo. Estudos recentes realizados na Campanha Gaúcha utilizaram parâmetros microbiológicos, como a biomassa microbiana do solo (BMS) e a atividade das enzimas urease (URE)

e fosfatase ácida (FOS), para avaliar a qualidade e resiliência dos solos de vinhedos, com o objetivo de detectar, com antecedência, as alterações causadas pelo uso e manejo do solo. Dentre esses fatores, a URE tem papel fundamental para a nutrição das plantas e manutenção da qualidade do solo. Isso porque é uma enzima crucial na mineralização do N, tornando-o disponível às plantas. O estudo demonstrou que a atividade da URE foi maior durante a mudança da cor das bagas, especialmente nas áreas com menor quantidade de N aplicado em relação a outros estágios fenológicos (dados não publicados). Isso evidencia que os indicadores da qualidade do solo respondem dinamicamente ao ciclo da videira, sendo a mudança da cor das bagas e o pleno florescimento os momentos mais indicados para monitoramento da fertilidade biológica. Vale salientar ainda, que nessas fases, além dos maiores valores de atividade enzimática, também foi possível observar maiores correlações desta, com os parâmetros produtivos e de qualidade da uva.

Estudos como esse ainda são escassos. Para gerar recomendações mais precisas, ainda é necessário calibrar e validar os indicadores microbiológicos em diferentes tipos de solo, cultivares e manejos. Portanto, a continuidade dos estudos é fundamental para integrar esses parâmetros ao sistema de recomendação de adubação e manejo da fertilidade, ampliando a base de dados e fortalecendo uma viticultura mais sustentável na Campanha Gaúcha.

## **9. Considerações finais**

Os conhecimentos e recomendações apresentados neste boletim contribuem à melhoria da qualidade de solos de vinhedos e do estado nutricional das videiras. Isso para auxiliar os viticultores a obterem maiores taxas de crescimento das videiras e aumentar a produtividade de uva, com melhoria da composição do mosto e dos vinhos. Todas as informações apresentadas no presente material devem ser interpretadas por um técnico, que assiste o viticultor. Sugere-se que os técnicos e viticultores monitorem os efeitos da presente recomendação no solo e nas videiras e, quando possível, retornem para os pesquisadores as suas observações, no sentido de melhorar futuras recomendações de calagem e adubação em vinhedos. Afinal, a colaboração e parceria entre pesquisadores, técnicos que atuam diretamente no campo, viticultores e empresas vitivinícolas é muito importante para definição de estratégias de manejo de videiras que gerem melhores produtividades e qualidade de produtos.

## **Agradecimentos**

À Vinícola Família Salton S.A. pela disponibilidade de vinhedos experimentais e financiamento parcial de projetos. A FAPERGS e CNPq (inclusive CNPq Edital Mai/Dai) pela concessão de bolsas aos estudantes e financiamento parcial de projetos. À CAPES pela concessão de bolsas aos estudantes. A UNIPAMPA, UNESP e IFRS pela colaboração em projetos.

## **Referências**

Andrade, C.B.; Comin, J.J.; Moura-Bueno, J.M.; Brunetto, G. (2023). Obtaining reference values for nutrients in vineyard soils through boundary line approach using Bayesian segmented quantile regression on commercial farm data. *European Journal of Agronomy*, 150, 126928. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126928>

Brunetto, G.; Ceretta, C.A.; Melo, G.W.B.; Giroto, E.; Ferreira, P.A.A.; Lourenzi, C.R.; Couto, R.; Tassinari, A.; Hammerschmitt, R.K.; Silva, L.O.S.; Lazzaretti, B.P.; Kulmann, M.S.; Carranca, C. (2016) Contribution of nitrogen from urea applied at different rates and times on grapevine nutrition. *Scientia Horticulturae*, 207, 1–6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2016.05.002>

Brunetto, G.; Ceretta, C.A.; Melo, G.W.B.de.; Miotto, A.; Ferreira, P.A.A.; Couto, R.da.R.; Silva, L.O.S.da.; Garlet, L.P.; Somavilla, L.M.; Cancian, A.; Ambrosini, V.G. (2018b) Produtividade de uvas e composição do mosto de videiras 'Cabernet Sauvignon' fertilizadas com composto orgânico e ureia. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 17, 212-218. <https://doi.org/10.5965/223811711722018212>

Brunetto, G.; Silva L.O.S.; Ceretta, C.A.; Couto, R.da.R.; Ferreira, P.A.A.; Ambrosini, V. G.; Borghezan, M.; Comin, J. J.; Melo, G.W.B.de.; Baldi, E.; Toselli, M. (2018a) Nitrogen fertilization of 'Chardonnay' grapevines: yield, must composition and their relationship with temperature and rainfall. *Acta Horticulturae*, 1228, 451-456. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1228.67>

Brunetto, G.; Souza, R.O.S.; Piccin, R.; Bellinaso, R.J.S.; Kaminski, J.; Ceretta, C.A.; Stefanello, L.; Krammes, R.; Hindersmann, J.; Gatiboni, L.C. (2019) Effectiveness of a rapid soil incubation method for determining potential acidity of soils in Rio Grande do Sul, Brazil. *Ciência Rural*, 49(2), 1–5. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180350>.

Brunetto, G.; Natale, W.; Moura-Bueno, J.M. (2023) Reflexões sobre calagem e adubação de implantação (ou pré-plantio) em pomares de frutíferas. Informe Técnico, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 98.

Brunetto, G.; Tassinari, A.; Grando, D.L.; Welter, P.D.; Palermo, N.M.; Correa, A.; Silva, A.A.K.; Moura-Bueno, J.M.; Melo, G.W.B.; Morteale, D.F.; Tiecher, T.L.; Rozane, D.E.; Ciotta, M.N.; Ceretta, C.A.; Silva, L.O.S; Trentin, E.; Gardin, J.P.P. (2025) Calagem, adubação e estado nutricional em videiras. In: Gustavo Brunetto, Eduardo Giroto, Diovane Morteale, Tadeu Tiecher, George Wellington Bastos de Melo. (Org.). *Atualização Técnica sobre Calagem e Adubação em Frutíferas*. 1ed.Santa Maria: Gráfica e Editora Pallotti, p.425-455.

CQFS. Comissão de Química e Fertilidade do Solo—RS/SC. (2016) In *Manual de Calagem e Adubação Para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*; Evangraf: Porto Alegre, Brazil, p. 376.

Gulartt, A.G.; Welter, P.D.; Palermo, N.M; Almeida, H.S.; Rodrigues, M.; Brunetto, G. (2024) Produtividade em videiras 'Cabernet Sauvignon' submetidas à adubação com doses de magnésio. In: XVIII Encontro Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado (Enfrute), 2024, Caçador. *Anais...XVIII Encontro Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado (Enfrute)*.

Hartmann, M.B.; Welter, P.D.; Palermo, N.M; Almeida, H.S.; Rodrigues, M.; Brunetto, G. (2024) Efeito da adubação com magnésio na produtividade de videiras 'Chardonnay'. In: XVIII Encontro Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado (Enfrute), 2024, Caçador. *Anais...XVIII Encontro Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado (Enfrute)*.

Jones, J.E.; Kerslake, F.L.; Close, D.C.; Damberg, R.G. (2014) Viticulture for Sparkling Wine Production: A Review. *American Journal of Enology and Viticulture*, Davis, 65(4), 408–418. <https://doi.org/10.5344/ajev.2014.13099>

Melo, G.W. (2003) Correção de deficiência de boro em videira. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho (Circular Técnica, 41). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/539004/correcao-de-deficiencia-de-boro-em-videira>. Acesso em: 05 de julho de 2025.

Moura-Bueno, J.M.; Paese, B.T.; Silva, A.K.da.; Dalmolin, R.S.D.; Pedron, F.de.A.; Brunetto, G. (2025) Variabilidade espacial de solos, estado nutricional e zonas de manejo em vinhedos. In: Brunetto, G.; Natale, W.; Rozane, D.E.; Loss, A. Estratégias de manejo da fertilidade do solo e da nutrição de videiras. 1 ed. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 201-220.

Paese, B.T.; Bueno, J.M.M.; Schemer, S.B.M.; Dalmolin, R.S.D.; Brunetto, G. (2025) Variabilidade espacial de solo, nutrientes e produção para delimitação de zonas de manejo em vinhedos da Campanha Gaúcha. In: 3 Reunião de Atualização Técnica de Calagem e Adubação em Frutíferas, 2025, Bento Gonçalves. Anais 3 Reunião de Atualização Técnica de Calagem e Adubação em Frutíferas.

Payan, C.; Gancel, A.L.; Jourdes, M.; Christmann, M.; Teissedre, P.L. (2023) Wine acidification methods: a review. *OENO One*, [S.l.], 57(3), 113–123. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2023.57.3.7476>

Silva, I.C.B.; Marques, A.C.R.; Quadros, F.F.; Sans, G.A.; Soares, V.M.; De Conti, L.; Ceretta, C.A.; Ferreira, P.A.A.; Toselli, M.; Brunetto, G. (2020) Spatial variation of herbaceous cover species community in Cu-contaminated vineyards in Pampa biome. *Environmental Science and Pollution Research*. 27, 13348–13359. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07851-z>.

Stefanello, L.O.; Schwalbert, R.; Schwalbert, R.A.; Drescher, G.L.; De Conti, L.; Pott, L.P.; Tassinari, A.; Kulmann, M.S.S.; Silva, I.C.B.; Brunetto, G. (2021b) Ideal nitrogen concentration in leaves for the production of high-quality grapes cv ‘Alicante Bouschet’ (*Vitis vinifera* L.) subjected to modes of application and nitrogen doses, *European Journal of Agronomy*, 123, 126200. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126200>

Stefanello, L.O.; Tassinari, A.; Garlet, L.P.; Hindersmann, J.; Brunetto, G. (2021a) Primeira aproximação de recomendação de adubação para videiras em produção na região da Campanha do Rio Grande do Sul. Informe Técnico, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 94.

Tassinari, A.; Moura-Bueno, J.M.; Garlet, L.P.; Stefanello, L.O.; Andrade, C.B.; Oliveira, F.N.; Dotto, L.; Siqueira, G.N.; Peripolli, G.Z.; Dias, B.G.; Andreolli, T.; Papalia, D.; Ceretta, C.A.; Loss, A.; Comin, J.J.; Brunetto, G. (2023) 2ª Atualização Recomendação de adubação em videiras em produção para a

Campanha Gaúcha do Rio Grande do Sul. Universidade Federal de Santa Catarina/Campus Florianópolis, Florianópolis.

Tassinari, A.; Moura-Bueno, J.M.; Siqueira, G.N.; Dias, B.G.; Peripolli, G.Z.; Cunha, W.M.; Silva, L.O.S.; Kulmann, M.S.S.; Schumacher, R.L.; Brunetto, G. Condições climáticas modificam a resposta da fertilização nitrogenada na produção e qualidade de uvas de vinhedos sob solos arenosos em clima subtropical, 2025 (em elaboração).

Toledo, J.A.; Kaminski, J.; Santanna, M.A.; Santos, D.R.dos.; Cella, C.; Gonzatto, R. (2010) O Tampão Santa Maria (TSM) como alternativa ao tampão SMP na estimativa da necessidade de calcário do solo. Santa Maria: UFSM - Centro de Ciências Rurais (Informe Técnico), 28, 4p.

Van Leeuwen, C.; Roby, J.P.; Rességuier, L.de. (2018) Soil-related terroir factors: a review. *Oeno-one*, 52(2), 173-188. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2018.52.2.2208>.

Welter, P.D.; Palermo, N.M.; Mattioni, B.C.; Bortoli, R.S.de.; Decian, J.P.D.; Almeida, H.S.; Rodrigues, M.; Brunetto, G. (2025) Desempenho produtivo de videiras viníferas em resposta a fontes minerais de fósforo e enxofre. In: XXIX Congresso Brasileiro de Fruticultura (CBF), 2025, Campinas, SP. Anais... XXIX Congresso Brasileiro de Fruticultura (CBF).