



Boletim Técnico

Segunda aproximação de recomendação de calagem e adubação
para solos da Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul

2025



Boletim Técnico

Segunda aproximação de recomendações de calagem e adubação para solos da Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul

AUTORES:

Jean Michel Moura-Bueno

Douglas Luiz Grando

Allan Augusto Kokkonen

Alex Benetti

Samuel Schemmer

Rian Brondani

Cauan Martins Guerra

Lucas Peranzoni Deponti

Arthur Gonçalves Gularth

Bruno Ehle de Souza

João Vitor Nascimento Machado

Allan Lauriano Arrojo

Laura Silva Dunker

Tadeu Luis Tiecher

Danilo Eduardo Rozane

Eduardo Giroto

Diovane Moterle

Arcângelo Loss

Gustavo Brunetto

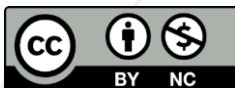
Jean Michel Moura-Bueno, Douglas Luiz Grando, Allan Augusto Kokkonen, Alex Benetti, Samuel Schemmer, Rian Brondani, Cauan Martins Guerra, Lucas Peranzoni Deponti, Arthur Gonçalves Gulartt, Bruno Ehle de Souza, João Vitor Nascimento Machado, Allan Lauriano Arrojo, Laura Silva Dunker, Tadeu Luis Tiecher, Danilo Eduardo Rozane, Eduardo Giroto, Diovane Moterle, Arcângelo Loss e
Gustavo Brunetto

**Segunda aproximação de recomendações de calagem e adubação
para solos da Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul**

Universidade Federal de Santa
Catarina/Campus Florianópolis
Florianópolis, 2025.

2025 Arcângelo Loss

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: Jean Michel Moura-Bueno, Gustavo Brunetto e Arcângelo Loss

Redação e revisão geral: Jean Michel Moura-Bueno, Douglas Luiz Grando, Tadeu Luis Tiecher, Danilo Eduardo Rozane, Eduardo Giroto, Diovane Moterle, Arcângelo Loss e Gustavo Brunetto

Design da capa: Allan Augusto Kokkonen

Colaboração: Equipe BU/UFSC

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

B688 Boletim técnico [recurso eletrônico]: segunda aproximação de recomendações de calagem e adubação para solos da Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul / Jean Michel Moura-Bueno ... [et al.]; – Florianópolis: UFSC, 2025.
31 p.: gráfs., tab.

E-book (PDF)
ISBN 978-85-8328-446-8

1. Solos – Correção – Serra Gaúcha, Região da (RS).
2. Solos – Acidez – Serra Gaúcha, Região da (RS). 3. Calagem dos solos – Serra Gaúcha, Região da (RS). 4. Videiras – Cultivo – Serra Gaúcha, Região da (RS). I. Moura-Bueno, Jean

Elaborada pela bibliotecária Dênira Remedi – CRB-14/1396

Sumário

1. INTRODUÇÃO	6
2. DEFINIÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES DE CALAGEM PARA SOLOS DA SERRA GAÚCHA.....	7
2.1 Coleta de solos.....	8
2.2 Definição da acidez potencial e necessidade de calcário	9
3. DEFINIÇÃO DA RECOMENDAÇÃO DA ADUBAÇÃO DE PRÉ-PLANTIO PARA SOLOS DA SERRA GAÚCHA	14
3.1 Recomendação de adubação de correção (pré-plantio) de fósforo.....	14
3.2 Recomendação de adubação de correção (pré-plantio) de potássio	17
3.3 Alternativa de manejo da adubação fosfatada e potássica em pré-plantio	19
4. DEFINIÇÃO DOS NÍVEIS CRÍTICOS E FAIXAS DE SUFICIÊNCIA DE NUTRIENTES NO SOLO E FOLHAS EM VIDEIRAS	20
4.1 Níveis críticos e faixas de suficiência de nutrientes no solo	20
4.2 Níveis críticos e faixas de suficiência de nutrientes nas folhas da videira	23
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	26

1 INTRODUÇÃO

A região da Serra Gaúcha no Rio Grande do Sul (RS) é um importante polo frutícola do Brasil, com o cultivo de videira, pessegueiro, ameixeira, nectarina, macieira, caquizeiro, kiwizeiro, entre outras espécies frutíferas de clima subtropical e temperado (SEAPDR, 2023). O RS é o maior produtor de uva do Brasil, sendo responsável por, aproximadamente, 73% da área cultivada com videiras do país, atingindo valor bruto de 1,68 bilhão de reais em 2024 (SEAPDR, 2024). Apesar disso, as condições edafoclimáticas da região Sul exercem grande impacto no crescimento, na produtividade e no estado nutricional das frutíferas (Ayres et al., 2023; Andrade et al., 2023; Hahn et al., 2023; Brunetto et al., 2025).

A Serra Gaúcha é caracterizada pelo predomínio de relevo ondulado a forte ondulado, onde predominam solos naturalmente ácidos, com baixa fertilidade natural, apresentando, em geral, valores médios a altos de matéria orgânica e médios de argila, pedregosos e com profundidade efetiva variando entre 10 e 50 cm (Sarmiento et al., 2012, 2006; Flores et al., 2012). Essas características, somadas às climáticas, impõem diferenças desses solos daqueles de outras regiões do Sul do Brasil.

As recomendações de calagem e adubação para os solos da região da Serra Gaúcha são estabelecidas com base no Manual de Calagem e Adubação para os Estados do RS e Santa Catarina (SC) (CQFS-RS/SC, 2016). Contudo, essas recomendações representam a média do cenário dos dois Estados, que são caracterizados pela elevada variabilidade de relevo, tipos de solo e condições climáticas. Portanto, quando possível, convém realizar estudos para aprimorar o sistema de recomendação de calagem e adubação para regiões específicas e com particularidades de solo, como a Serra Gaúcha, pela sua importância.

A tomada de decisão sobre a necessidade de aplicação do corretivo da acidez do solo, na maioria dos casos, pode ser realizada pela avaliação do pH em água ($\text{pH-H}_2\text{O}$), enquanto a dose de corretivo a ser aplicada é estabelecida pela avaliação da acidez potencial do solo ($\text{H}+\text{Al}$). A correta estimativa de $\text{H}+\text{Al}$ é fundamental para a recomendação adequada da quantidade de calcário a ser aplicada. Nos estados do RS e SC, a estimativa do valor de $\text{H}+\text{Al}$ é realizada pelo método SMP. A acurácia do método está diretamente relacionada com a sua calibração. Para isso, é necessário realizar a coleta de solos não antropizados (nunca cultivados), que são previamente caracterizados quimicamente e, em seguida, são submetidos a doses de corretivo da acidez (CaCO_3) e incubados por um período de, aproximadamente, 180 dias (Kaminski et al., 2002; Brunetto et al., 2019; Grando et al., 2025a), com o objetivo de definir as doses de calcário a serem aplicadas. No entanto, os estudos realizados com o objetivo de definir as doses de calcário a serem

aplicadas para a correção da acidez do solo foram realizados em um pequeno grupo de solos do RS e SC, que representam a média dos solos desses dois estados (CQFS-RS/SC, 2016), os quais, na sua maioria, possuem características distintas das observadas nos solos da Serra Gaúcha.

Além da calagem, é necessário aplicar nutrientes como o fósforo (P) e o potássio (K) em solos a serem cultivados, objetivando aumentar a disponibilidade de ambos e atender as demandas das culturas. A aplicação é realizada antes do plantio (adubação de correção) e objetiva elevar as concentrações de ambos os nutrientes até o nível crítico (NC) estabelecido para cada teor de argila (P) e capacidade de troca de cátions ($CTC_{pH7,0}$) (K), no caso das recomendações para RS e SC. (CQFS-RS/SC, 2016).

Atualmente, a recomendação oficial de calagem e adubação (CQFS-RS/SC, 2016) prevê a estimativa da necessidade e da dose de P com base na sua concentração no solo extraído pelo método Mehlich-1 (P_{M1}), associada a classe de argila. A necessidade de K é estabelecida considerando a concentração de K extraído pelo método Mehlich-1 (K_{M1}), associada aos valores da capacidade de troca de cátions à pH 7,0 ($CTC_{pH7,0}$). Porém, foram poucos os estudos realizados para estimar as doses adequadas de P e K a serem aplicadas em adubação de correção (Mumbach et al., 2021; Schlindwein et al., 2013), além de terem sido realizados em um pequeno grupo de solos do RS e SC. Particularmente nestes estudos já realizados, poucos foram os solos presentes com características físicas e químicas comparáveis àqueles da Serra Gaúcha. Isso justifica estudos a serem realizados através do preparo de solos, seguido de incubação com concentrações diferentes de P e K, nos quais, posteriormente, são estimadas as capacidades de tamponamento desses nutrientes. Com isso, será possível estimar as doses de fertilizantes necessárias para a correção de P e K com maior acurácia, resultando em economia para o produtor e diminuição dos efeitos negativos no meio ambiente pelo uso excessivo de fertilizantes.

Outra lacuna existente no campo das frutíferas, em especial às videiras cultivadas na região da Serra Gaúcha, é a definição de níveis críticos (NC) e faixas de suficiência (FS) de nutrientes no solo e em folhas, em relação a produtividades de uva e variáveis enológicas do mosto, como sólidos solúveis totais (SST), acidez total e pH. Esses valores de NC e FS, ainda não suficientemente conhecidos, podem ser obtidos a partir de avaliações de vinhedos em diferentes safras, em que os valores de análises químicas de solo e folhas, juntamente com dados de produtividade e variáveis de mosto, são organizadas em bancos de dados robustos e representativos da região de interesse (Natale & Rozane, 2018; Brunetto et al., 2023).

Considerando tudo isso, a segunda aproximação de recomendação de calagem e adubação para solos da Serra Gaúcha do RS é um avanço em relação a primeira aproximação (Grando et al.,

2025d). Isso porque apresenta a recomendação de doses de calcário a serem aplicadas para um maior número de solos, bem como as doses de P_2O_5 e K_2O a serem fornecidas na adubação de pré-plantio. Também, apresenta os NC e FS de nutrientes para solos de vinhedos e nas folhas das videiras. A atualização do sistema de recomendação da calagem e adubação para a Serra Gaúcha do RS permitirá a manutenção de elevadas produtividades das culturas e a racionalização do uso de fertilizantes. Isso diminuirá os custos de produção dos vinhedos e contribuirá para reduzir o potencial de contaminação ambiental da viticultura.

2 DEFINIÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES DE CALAGEM PARA SOLOS DA SERRA GAÚCHA

2.1 Coleta de solo

Os solos foram coletados em municípios da região da Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul, região Sul do Brasil (Figura 1). A área do estudo está localizada em uma faixa de altitude que varia entre 100 e 800 m acima do nível do mar. O clima é classificado, de acordo com Köppen-Geiger, como Cfa, com verão quente e Cfb, com verão ameno (Alvares et al., 2013). A região apresenta características naturais heterogêneas, com relevo acidentado e alta variabilidade de tipos de solo (Sarmiento et al., 2012, 2006; Flores et al., 2012).

Amostras de solos foram coletadas em áreas de mata nativa, sem ação antrópica ou histórico de cultivo agrícola, na camada 0-20 cm, totalizando 50 solos. Em cada local de amostragem foi coletado o volume de aproximadamente 50 kg de solo, o qual foi seco ao ar, moído e passado em peneira com malha de 2 mm. Em seguida, os solos foram reservados para as incubações com doses de calcário, bem como foram utilizados para a definição da recomendação de adubação de acordo com as metodologias descritas no item 3.

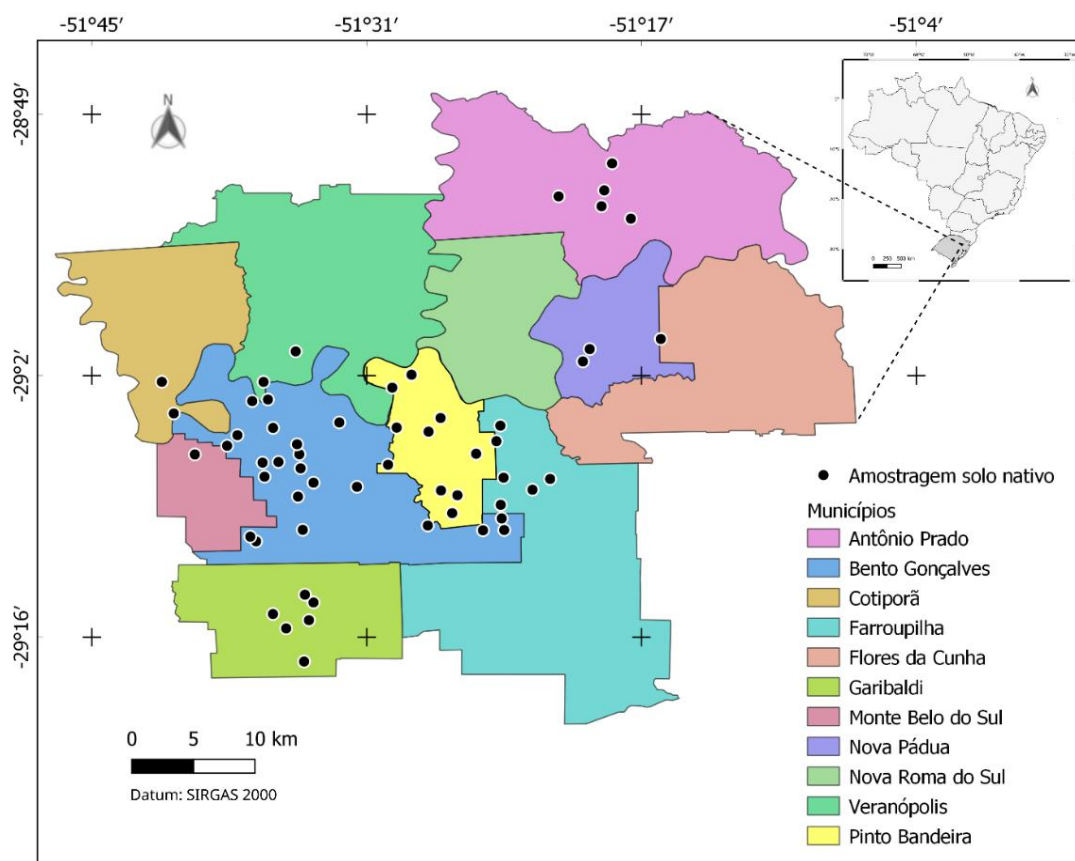


Figura 1 – Localização das áreas onde foram coletados os solos nativos para a determinação das recomendações de calagem e adubação para solos da Serra Gaúcha, no estado do Rio Grande do Sul.

2.2 Definição da acidez potencial e necessidade de calcário

Previamente, o pH-H₂O de todos os 50 solos coletados foram determinados (Toledo et al., 2010). Aqueles com pH-H₂O $\geq$ 6,0 foram descartados, pois não apresentaram acidez ativa. Os demais (42 solos) foram utilizados para o experimento.

As unidades experimentais foram compostas por porções de 5 kg de solo, as quais foram acondicionadas em recipientes plásticos com capacidade de 5 litros. As doses de corretivo utilizadas foram baseadas em cinco frações da necessidade de calcário para elevar o pH-H₂O do solo a 6,5, estimada pelo Índice SMP (CQFS-RS/SC, 2016), além de um controle sem corretivo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e três repetições.

Os seis tratamentos foram constituídos das seguintes doses de material corretivo: D0 = zero; D1 = a dose recomendada; D2 = 1,5 vez a dose recomendada; D3 = 2 vezes a dose recomendada, D4 = 2,5 vezes a dose recomendada, D5 = 3 vezes a dose recomendada. Depois da adição do solo aos recipientes, a umidade foi mantida em cerca de 70% da capacidade de campo.

Para isso, foram umedecidos com água destilada até atingirem o peso estimado. A incubação foi realizada com carbonato de cálcio (CaCO_3), que foi aplicado no estado sólido, finamente moído e homogeneizado ao solo. Cada recipiente foi fechado com tampa plástica, contendo orifícios para a circulação de gases. O solo de cada recipiente foi revolvido a cada dois dias para acelerar a reação química e permitir a remoção do excesso de CO_2 , sendo a umidade do solo sempre ajustada com água destilada.

A cada 30 dias, amostras de solo foram coletadas para monitorar os valores de pH- H_2O . A incubação foi finalizada após 180 dias, com a estabilização do valor de pH- H_2O . Posteriormente, o solo foi retirado dos frascos, seco em estufa a 60°C , moído e novamente peneirado com malha de 2 mm. Os valores de pH- H_2O e pH-TSM foram determinados (Toledo et al., 2010).

Os dados foram submetidos à análise de variância, com a aplicação do Teste F e, quando significativo, com pelo menos 5% de probabilidade de erro, procedeu-se ao estudo de regressão polinomial. Os valores de pH- H_2O foram correlacionados com a dose CaCO_3 adicionada, individualmente para cada solo. Regressões lineares ou quadráticas das doses, em função do pH- H_2O , foram calibradas para cada solo. Com essas equações, foram calculados os valores de necessidade de calcário (NC) para atingir os pHs de referência 5,5; 6,0 e 6,5 para cada solo do experimento. As diferentes doses calculadas foram então correlacionadas com os respectivos valores de pH-SMP de cada solo e, para cada pH de referência, foram calibradas regressões exponenciais da NC em função do pH-SMP (Figura 2). Dessa forma, propusemos doses de NC (PRNT 100%) para os solos da Serra Gaúcha, usando os valores de pH-SMP (Tabela 1), que são expressos em laudos de análise de solo. O valor de pH-SMP pode ser substituído pelo valor de pH-TSM (Toledo et al., 2012). A atual estimativa da acidez potencial ($\text{H}+\text{Al}$) pela CQFS-RS/SC (2016) subestima as doses de NC para solos com altos teores de matéria orgânica do solo (MOS) na região da Serra Gaúcha do RS, quando comparadas ao $\text{H}+\text{Al}$ real determinado pelo presente estudo (Tabela 1).

Adicionalmente, propomos um ajuste de 90% da NC para solos pedregosos, uma vez que os solos da Serra Gaúcha apresentam, em geral, cerca de 10% de pedregosidade – isto é, 90% de solo útil. Contudo, sugerimos que o técnico faça a estimativa da pedregosidade em campo para cada solo a ser corrigido, aumentando a assertividade desta recomendação.

Tabela 1 – Estimativa da necessidade de calcário (NC), em t ha⁻¹, com PRNT 100% para elevar o pH-H₂O do solo para 5,5, 6,0 e 6,5, na camada de 0–20 cm, em função do Índice SMP, utilizando a recomendação para a Serra Gaúcha, com ajuste para solos com 10% de pedregosidade e a recomendações da CQFS-RS/SC (2016).

Índice SMP	Recomendação Serra Gaúcha ⁽¹⁾			Recomendação Serra Gaúcha + Ajuste ⁽²⁾			Recomendação CQFS-RS/SC (2016)		
	5,5	6,0	6,5	5,5	6,0	6,5	5,5	6,0	6,5
4,4	21,0	28,9	36,4	18,9	26,0	32,7	15,5	22,5	27,4
4,5	18,1	25,7	32,8	16,3	23,1	29,6	13,4	19,7	24,4
4,6	15,6	22,9	29,6	14,0	20,6	26,7	11,5	17,3	21,8
4,7	13,4	20,4	26,8	12,1	18,4	24,1	9,9	15,1	19,4
4,8	11,6	18,2	24,2	10,4	16,4	21,8	8,6	13,2	17,3
4,9	10,0	16,2	21,8	9,0	14,6	19,6	7,4	11,6	15,4
5,0	8,6	14,5	19,7	7,7	13,0	17,7	6,4	10,2	13,8
5,1	7,4	12,9	17,8	6,7	11,6	16,0	5,5	8,9	12,3
5,2	6,4	11,5	16,1	5,7	10,4	14,5	4,7	7,8	10,9
5,3	5,5	10,3	14,5	4,9	9,2	13,0	4,1	6,8	9,8
5,4	4,7	9,1	13,1	4,3	8,2	11,8	3,5	6,0	8,7
5,5	4,1	8,2	11,8	3,7	7,3	10,6	3,0	5,2	7,8
5,6	3,5	7,3	10,7	3,2	6,5	9,6	2,6	4,6	6,9
5,7	3,0	6,5	9,6	2,7	5,8	8,7	2,3	4,0	6,2
5,8	2,6	5,8	8,7	2,3	5,2	7,8	1,9	3,5	5,5
5,9	2,2	5,1	7,9	2,0	4,6	7,1	1,7	3,1	4,9
6,0	1,9	4,6	7,1	1,7	4,1	6,4	1,4	2,7	4,4
6,1	1,7	4,1	6,4	1,5	3,7	5,8	1,2	2,4	3,9
6,2	1,4	3,6	5,8	1,3	3,3	5,2	1,1	2,1	3,5
6,3	1,2	3,3	5,2	1,1	2,9	4,7	0,9	1,8	3,1
6,4	1,1	2,9	4,7	1,0	2,6	4,2	0,8	1,6	2,8
6,5	0,9	2,6	4,3	0,8	2,3	3,8	0,7	1,4	2,5
6,6	0,8	2,3	3,8	0,7	2,1	3,5	0,6	1,2	2,2
6,7	0,7	2,1	3,5	0,6	1,8	3,1	0,5	1,1	2,0
6,8	0,6	1,8	3,1	0,5	1,6	2,8	0,4	0,9	1,7
6,9	0,5	1,6	2,8	0,5	1,5	2,5	0,4	0,8	1,6
7,0	0,4	1,5	2,6	0,4	1,3	2,3	0,3	0,7	1,4

⁽¹⁾Doses calculadas a partir das equações 1, 2 e 3, para elevar o pH-H₂O para 5,5; 6,0 e 6,5, respectivamente; ⁽²⁾Considerando a presença de 10% de pedregosidade na camada-diagnóstica (0 - 20 cm) do solo, em NC = t ha⁻¹ de calcário definido para Serra Gaúcha(1) × 0,9. Diminuir a dose de acordo com a % de solo útil e camada a ser incorporada.

A necessidade de calcário – NC para os solos da Serra Gaúcha atingirem os valores de pH-H₂O de referência 5,5; 6,0 e 6,5 pode ser obtida por meio das equações abaixo:

$$\text{NC (t ha}^{-1}\text{) pH-H}_2\text{O 5,5} = 14862,11e^{(-1,491\text{pH-SMP})}$$

$$\text{NC (t ha}^{-1}\text{) pH-H}_2\text{O 6,0} = 4526,71e^{(-1,149\text{pH-SMP})}$$

$$\text{NC (t ha}^{-1}\text{) pH-H}_2\text{O 6,5} = 3263,77e^{(-1,022\text{pH-SMP})}$$

em que:

pH-SMP representa o valor do índice SMP expresso no laudo da análise de solo.

Entretanto, essa estimativa não considera a quantidade de material rochoso presente no solo. Assim, para maior eficiência na recomendação de calcário e, ao mesmo tempo, redução de custos, recomenda-se estimar a pedregosidade e ajustar a dose de corretivo da acidez, considerando a real porcentagem de solo reativo na camada-diagnóstica, isto é, solo útil a ser corrigido.

A seguir, é apresentado um exemplo para determinar a dose de NC em um solo com pH-H₂O = 5,5 com o objetivo de elevá-lo até 6,0. Para isso, basta observar o valor do Índice SMP = 6,2 na análise de solo (Tabela 1, coluna 1), nesse caso de acordo com a recomendação para Serra Gaúcha para pH 6,0 (Tabela 1, terceira coluna), a dose será de 3,6 t ha⁻¹ de calcário. Caso o solo apresente pedregosidade na camada a ser corrigida, pode-se estimá-la e, então, ajustar a dose de NC por meio da equação abaixo:

$$\text{NC} \times (\% \text{ de solo útil a ser corrigido}) = \text{t ha}^{-1} \text{ de calcário com PRNT 100\%}$$

Se o solo apresentar, por exemplo, 20% de pedregosidade na camada 0-20 cm, significa que 80% (0,80) do solo necessita de correção nessa camada. Assim, basta multiplicar a dose de calcário obtida anteriormente pelo percentual de solo útil, ou seja:

$$3,6 \times 0,80 = 2,9 \text{ t ha}^{-1} \text{ de calcário com PRNT 100\%}$$

Note que quando existir pedregosidade a dose de corretivo sempre será menor, pois o calcário reagirá apenas com a porção de solo reativa.

A estimativa da porcentagem de pedregosidade na camada de solo a ser corrigida pode ser estimada por meio do referencial apresentado na figura 2, onde partes preenchidas em “preto” representam % de pedregosidade e os espaços vazios “branco” o solo.

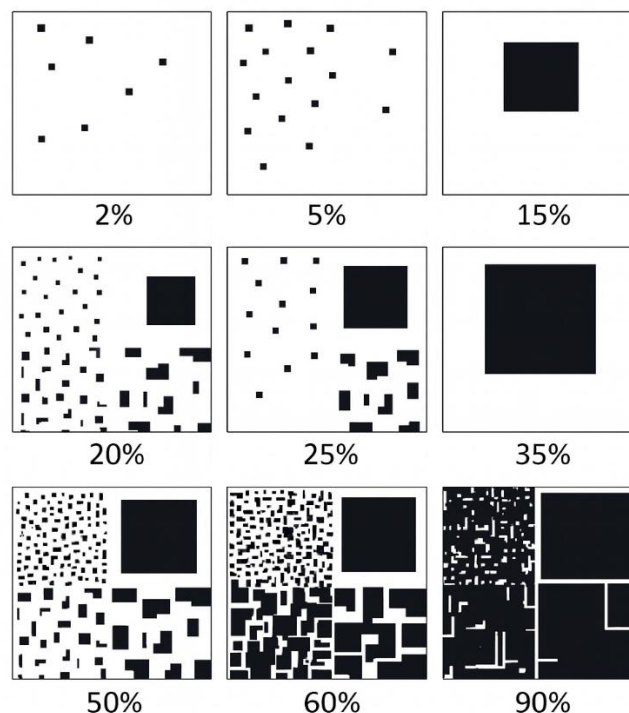


Figura 2 – Referencial para estimativa da porcentagem de pedregosidade em uma área do perfil de solo. Adaptado de Santos et al. (2015).

Para finalizar o cálculo é preciso considerar o valor do PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) do calcário que será aplicado. O PRNT representa a porcentagem do material que reagirá com o solo no prazo de três meses, de acordo com a legislação vigente (Brasil, 2006). Essa informação é fornecida pela empresa que comercializa o produto. Dessa forma, considerando o exemplo anterior, que indicou a necessidade de $2,9 \text{ t ha}^{-1}$, se o calcário apresentar $\text{PRNT} = 72\%$, ajusta-se a dose com o seguinte cálculo:

$$2,9 \times 100 / 72 = 4,0 \text{ t ha}^{-1}$$

sendo essa a dose final de calcário a ser aplicada.

É importante destacar que neste último cálculo a dose aumenta, pois, a eficiência do produto é de 72% no período de três meses.

Para concluir as informações sobre a calagem, nunca é demais lembrar que a aplicação do calcário deve ser realizada em área total, seguida de incorporação do corretivo na camada de 0-20 cm com o uso de arado, no mínimo 90 dias antes da adubação de pré-plantio e da implantação da

cultura. Caso possível, o calcário pode ser incorporado na camada de 0-30 cm, mas, nessa situação, a dose a ser aplicada deve corresponder a 1,5 vezes a recomendada para a camada de 0-20 cm, pois a camada de solo corrigida será 50% maior. Porém, isso só pode ser realizado quando a camada 0-30 cm pertencer ao mesmo horizonte do solo amostrado 0-20 cm. Além disso, na fase de implantação, a aplicação de um corretivo de acidez com baixo PRNT permite um longo efeito residual, prolongando os benefícios da calagem.

3 DEFINIÇÃO DA RECOMENDAÇÃO DA ADUBAÇÃO DE PRÉ-PLANTIO PARA SOLOS DA SERRA GAÚCHA

A adubação de pré-plantio tem como objetivo suprir o solo com os nutrientes necessários para elevar suas concentrações até os níveis críticos (NC) considerados adequados para a produção das culturas. Neste Boletim Técnico, as doses de P_2O_5 e K_2O a serem aplicadas foram definidas a partir de experimentos de incubação de solos nativos (sem interferência antrópica), coletados na Serra Gaúcha (Figura 1). Para as incubações com P_2O_5 , dos 42 solos incubados a pH 6,0 (item 2.2), havia 36 solos com teor de argila variando entre 20 e 60% (média = 32%) e com concentrações de P-Mehlich-1 disponível classificadas como “Muito Baixo”, “Baixo” e “Médio” (CQFS-RS/SC, 2016) foram selecionados para a incubação. No caso do K_2O , todos os 42 solos incubados a pH 6,0 foram selecionados, uma vez que em todos as concentrações de K-Mehlich-1 disponível eram consideradas inferiores ao nível crítico (CQFS-RS/SC, 2016). Todos os solos selecionados para a incubação com P_2O_5 foram classificados quanto à classe de argila (CQFS-RS/SC, 2016), com valores de argila quantificados pelo método da pipeta. Além disso, os solos selecionados para a incubação com K_2O foram caracterizados quanto as concentrações cálcio e magnésio trocáveis (Teixeira et al., 2017), acidez potencial (Toledo et al., 2012; CQFS-RS/SC, 2016) e $CTC_{pH,70}$ (CQFS-RS/SC, 2016).

3.1 Recomendação de adubação de correção (pré-plantio) de fósforo

Cinquenta gramas de solo nativo foram incubados em sacos plásticos com doses crescentes de P_2O_5 , em um experimento com delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. As doses aplicadas foram 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250 e 300% da dose necessária para atingir a classe “Alto” de disponibilidade de P (CQFS-RS/SC, 2016), seguindo a recomendação proposta por Mumbach et al. (2021), para a camada 0-20 cm. As doses de P_2O_5 foram preparadas com o uso do reagente químico fosfato de amônio ($NH_4H_2PO_4$), dissolvido em água deionizada. Posteriormente, a umidade dos solos foi padronizada para a condição próxima à 70% da

capacidade de campo, sendo incubadas por 30 dias. Os sacos plásticos foram mantidos sobre uma bancada com temperatura média de 15°C, permanecendo parcialmente abertos, permitindo trocas gasosas. A umidade foi corrigida e os solos foram homogeneizados diariamente. Após o término da incubação, as amostras foram secas em estufa à 45°C e novamente moídas e peneiradas em malha de 2 mm. Os valores de P-Mehlich-1 (P_{M1}) disponível foram extraídos pela solução de Mehlich-1 (0,0125 mol L⁻¹ de H₂SO₄ e 0,050 mol L⁻¹ de HCl). Posteriormente, as doses de P₂O₅ foram correlacionadas com os valores de P-M1 e regressões lineares ou lineares de dois segmentos foram geradas para cada solo. A partir do inverso do coeficiente angular de cada regressão linear foi obtido um valor médio de capacidade tampão de fósforo (CTP) = 27,35 kg de P₂O₅. Esse valor de CTP indica a quantidade de P₂O₅, em kg, para elevar os valores de P_{M1} em 1 mg dm⁻³.

A partir desse valor de CTP, a adubação de correção para os solos da Serra Gaúcha foi calculada para elevar as concentrações de P até os valores de nível crítico (classe “ALTO” – valores destacados em negrito) apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Interpretação dos valores de P-Mehlich 1 para solos da Serra Gaúcha e respectiva quantidades de P₂O₅ necessárias para a correção dos valores de fósforo disponível (extraído por Mehlich-1).

Classe de disponibilidade de P	P-Mehlich-1 (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾⁽²⁾	Quantidade de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)
Muito Baixo	≤ 6,0	490
Baixo	6,1 – 12,0	320
Médio	12,1 – 18,0	160
Alto	18,1 – 36,0	0
Muito Alto	> 36,0	0

⁽¹⁾ Os valores aqui dispostos estão adequados para a faixa de 21 a 40% de teor de argila, com NC = 18,0 mg dm⁻³ (CQFS-RS/SC, 2016).

⁽²⁾ Caso utilizado o método Mehlich-3 para a análise, transformar os teores em “equivalentes Mehlich-1”, de acordo com a equação: $P_{M1} = [P-M3/(1,38-(0,01*argila))]$ (CQFS-RS/SC, 2016);

Alternativamente, a dose de P₂O₅ pode ser calculada com a equação 1. Cabe destacar que no caso de optar por usar a equação 1, os valores não serão os mesmos que os observados na tabela 3, mas, aproximados.

$$\text{Dose P}_2\text{O}_5 \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = (\text{NC} - P_{M1}) \times 27,35 \quad \text{Equação (1)}$$

em que:

NC é o nível crítico encontrado na tabela 2 (valor em negrito – NC = 18 mg dm⁻³);

P_{M1} é a concentração de P extraído por Mehlich-1, em mg dm⁻³, fornecido no laudo de análise de solo;

27,35 é o valor da capacidade tampão de fósforo (CTP) para solos da Serra Gaúcha.

A seguir, é apresentado um exemplo de interpretação e definição da dose de P em um solo com 30% de argila e concentração inicial de P_{M1} = 8 mg dm⁻³. Nessa condição de solo, o P é interpretado como “Baixo” (ver Tabela 2). Para definir a dose de P₂O₅ a ser aplicada, basta observar na Tabela 2 o nível “Baixo” de P, sendo neste caso, a dose indicada igual a 320 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Devido a presença de material rochoso nos solos da Serra Gaúcha, para maior eficiência na recomendação de P e, ao mesmo tempo redução de custos, recomenda-se estimar a pedregosidade e ajustar a dose de P, considerando a real porcentagem de solo reativo na camada diagnóstica, isto é, solo útil a ser corrigido. Se o solo apresentar, por exemplo, 10% de pedregosidade na camada 0-20 cm, significa que 90% (0,90) do solo necessita de correção nessa camada. Assim, basta multiplicar as doses de P apresentada na Tabela 2 pelo percentual de solo útil.

Quanto a forma de aplicação, recomenda-se que o fertilizante fosfatado seja aplicado, preferencialmente, em toda a superfície do solo e, em seguida, incorporado até a camada de 0-20 cm, com uso de arado. Quando possível, o fertilizante pode ser incorporado na camada de 0-30 cm, situação em que a dose a ser aplicada deve corresponder a 1,5 vez a recomendada para a camada de 0-20 cm. Porém, isso só pode ser realizado quando a camada 0-30 cm pertencer ao mesmo horizonte do solo amostrado 0-20 cm.

3.2 Recomendação de adubação de correção (pré-plantio) de potássio

Cinquenta gramas de solo foram incubados em sacos plásticos com doses crescentes de K₂O, em um experimento com delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. As doses aplicadas compreenderam 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250 e 300% da dose necessária para atingir a classe alta de disponibilidade de K (CQFS-RS/SC, 2016) para a camada 0-20 cm. As doses de K₂O foram preparadas com o uso do reagente químico cloreto de potássio (KCl), dissolvido em água deionizada. Posteriormente, a umidade dos solos foi padronizada para a condição próxima a 70% da capacidade de campo, sendo incubadas por 30 dias. Os sacos plásticos

foram mantidos sob uma bancada com temperatura média de 15°C, permanecendo parcialmente abertos, permitindo trocas gasosas. A umidade foi corrigida e os solos foram homogeneizados diariamente. Após o término da incubação, as amostras foram secas em estufa a 45°C e novamente moídas e peneiradas em malha de 2 mm. Os valores de K disponível foram extraídos pela solução de Mehlich-1 (K_{M1}).

As doses de K_2O foram correlacionadas com os valores de K_{M1} quantificados após o experimento e, regressões lineares foram geradas para cada solo. A partir do inverso do coeficiente angular de cada regressão linear foi obtido um valor de capacidade tampão de potássio (CTK). O valor de CTK indica a quantidade de K_2O , em kg, para elevar as concentrações de K_{M1} em 1 mg dm^{-3} . Valores médios de CTK foram calculados para três classes de $CTC_{pH7,0}$ do solo (CQFS-RS/SC, 2016): média (7,6 a 15,0 $cmol_c\ dm^{-3}$), alta (15,1 a 30,0 $cmol_c\ dm^{-3}$) e muito alta (> 30,0 $cmol_c\ dm^{-3}$) (Tabela 3).

Tabela 3. Valores da capacidade tampão de potássio (CTK) para solos da Serra Gaúcha

Classe de $CTC_{pH7,0}^{(1)}$	Capacidade tampão de potássio - CTK (kg $ha^{-1}\ K_2O$)
Média (7,6 – 15,0 $cmol_c\ dm^{-3}$)	2,514
Alta (15,1 – 30,0 $cmol_c\ dm^{-3}$)	2,893
Muito Alta (> 30,1 $cmol_c\ dm^{-3}$)	3,315

⁽¹⁾Valores de $CTC_{pH7,0}$ definidos de acordo com CQFS-RS/SC (2016).

A partir desses valores de CTK, as doses de adubo de correção para solos da Serra Gaúcha foram calculadas para elevar as concentrações de K até os valores de nível crítico (classe “ALTO” – valores destacados em negrito), apresentados na tabela 4, sendo as doses de K_2O necessárias para a correção apresentadas na tabela 5.

Tabela 4. Classes de interpretação da disponibilidade de K no solo extraídas por Mehlich-1, em relação a capacidade de troca de cátions ($CTC_{pH7,0}$), para solos da Serra Gaúcha

Classe de interpretação	Classe $CTC_{pH7,0}^{(1)}$		
	7,6 – 15,0	15,1 – 30,0	> 30,1
	----- mg dm ⁻³ de K -----		
Muito Baixo	< 55	< 70	< 80
Baixo	55 – 104	70 – 139	80 – 159
Médio	105 – 160⁽²⁾	140 – 210⁽²⁾	160 – 240⁽²⁾
Alto	161 – 210	211 – 260	241 – 290
Muito Alto	> 210	> 260	> 290

⁽¹⁾Valores de $CTC_{pH7,0}$ definidos de acordo com CQFS-RS/SC (2016);

⁽²⁾ Valores destacados em negrito representam o nível crítico (NC).

Tabela 5. Quantidades de K₂O necessárias para a correção dos valores de K extraído por Mehlich-1 (K_{M1}), para solos da Serra Gaúcha

Classe de disponibilidade de K	Classe $CTC_{pH7,0}^{(1)}$		
	Média (7,6 – 15,0 cmol _c dm ⁻³)	Alta (15,1 – 30,0 cmol _c dm ⁻³)	Muito alta (> 30,1 cmol _c dm ⁻³)
	----- kg ha ⁻¹ de K ₂ O -----		
Muito Baixa	365	565	745
Baixa	265	405	530
Média	140	200	265
Alta	0	0	0
Muito Alta	0	0	0

⁽¹⁾Valores de $CTC_{pH7,0}$ definidos de acordo com CQFS-RS/SC (2016).

Alternativamente, as doses de K₂O podem ser calculadas pela equação 2. Cabe destacar, que no caso de optar por usar a equação 2, os valores não serão os mesmos que aqueles observados na tabela 5, mas, aproximados.

$$\text{Dose K}_2\text{O (kg ha}^{-1}\text{)} = (\text{NC} - K_{M1}) \times \text{CTK} \quad \text{Equação (2)}$$

em que:

NC é o valor do nível crítico encontrado na tabela 5 (valores em negrito);

K_{M1} é a concentração de K extraído por Mehlich-1, em mg dm^{-3} , fornecido no laudo da análise de solo;

CTK é a capacidade tampão de K, que varia de acordo com a CTC do solo e pode ser encontrado na tabela 3.

A seguir, é apresentado um exemplo de interpretação e definição da dose de K em um solo com $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$ Alta ($15,1 - 30,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ – ver Tabela 3) e concentração inicial de $K_{M1} = 130 \text{ mg dm}^{-3}$. Nessa condição de solo, o K é interpretado como “Baixo” (ver Tabela 4). Para definir a dose de K_2O a ser aplicada, basta observar na Tabela 6 a classe de $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$ Alta e nível “Baixo” de K, sendo neste caso, a dose indicada igual a 405 kg ha^{-1} de K_2O (Tabela 5).

Com relação ao ajuste da dose de K com base na presença de material rochoso no solo, este deve ser realizado da mesma forma que foi apresentado para a recomendação de P. Se o solo apresentar 10% de pedregosidade na camada 0-20 cm, significa que 90% (0,90) do solo necessita de correção nessa camada. Assim, basta multiplicar as doses de K apresentadas na Tabela 5 pelo percentual de solo útil.

Quanto a forma de aplicação, recomenda-se que o fertilizante potássico seja aplicado, preferencialmente, em toda a superfície do solo e, em seguida, incorporado até a camada de 0-20 cm com o uso de arado. Quando possível, o fertilizante pode ser incorporado na camada de 0-30 cm, situação em que a dose a ser aplicada deve corresponder a 1,5 vezes a recomendada para a camada de 0-20 cm. Porém, isso só pode ser realizado quando a camada 0-30 cm pertencer ao mesmo horizonte do solo amostrado 0-20 cm.

3.3 Alternativa de manejo da adubação fosfatada e potássica em pré-plantio

Nos estados de RS e SC, a adubação de pré-plantio é estabelecida com base nas concentrações de P e K disponíveis no solo, recomendando-se para a maioria das frutíferas que essa operação seja realizada antes do plantio das mudas, aplicando-se os fertilizantes fosfatados e potássios em área total e com incorporação (CQFS-RS/SC, 2016). Entretanto, é imprescindível refletir sobre essa recomendação à luz da atual conjuntura nacional e mundial (Brunetto et al., 2023). O Brasil é totalmente dependente da importação de fertilizantes fosfatados e potássicos, problema que não será resolvido no curto ou médio prazos; a aplicação de P e K em área total favorece a adsorção de P e a lixiviação de K, particularmente nas entrelinhas do pomar; a aplicação localizada no sulco de plantio reduz significativamente a dose que seria utilizada em 1 hectare,

diminuindo os custos de implantação, conforme demonstrado pelos autores para vinhedos. Por fim, a proposição de ajuste na recomendação de fósforo e potássio em pré-plantio para os vinhedos da Serra Gaúcha poderá contribuir para a racionalização no uso de fertilizantes, visto que resulta na economia de 2/3 das doses de P e K aplicadas, com redução dos impactos ambientais, mas com a manutenção de elevadas produtividades e frutos com qualidade nutricional.

4 DEFINIÇÃO DOS NÍVEIS CRÍTICOS E FAIXAS DE SUFICIÊNCIA DE NUTRIENTES NO SOLO E FOLHAS EM VIDEIRAS

4.1 Níveis críticos e faixas de suficiência de nutrientes no solo

Para a obtenção dos níveis críticos (NC) e faixas de suficiência (FS) dos nutrientes e atributos químicos do solo (P, K, Ca, Mg, S, B e saturação por Ca-Mg-K) foi utilizado o banco de dados de solo composto por 500 observações derivadas de vinhedos avaliados nas safras 2021/22, 2022/23, 2023/24 e 2024/23 (Figura 3).

Os solos foram coletados na camada de 0-20 cm e, posteriormente seco ao ar, passados em peneira com malha de 2 mm e submetidos as análises. O conteúdo de argila foi determinado pelo método da pipeta (Teixeira et al., 2017). Os teores de P, K, Cu, Zn e Mn foram extraídos por 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 Murphy & Riley (1962), e as amostras submetidas as leituras em espectrofotômetro de absorção molecular, à 882 nm. O K foi determinado por espectrofotometria de chama. Ca e Mg foram extraídos por KCl 1 mol L⁻¹ (Tedesco et al., 1995). As leituras de Ca, Mg, Cu, Zn e Mn foram realizadas em espectrofotômetro de absorção atômica. A CTC_{pH7,0} foi obtida pela soma dos elementos trocáveis Ca, Mg, K e da acidez potencial (H+Al). A acidez potencial (H+Al) e a saturação por Ca-Mg-K (V%) foram calculados através das equações descritas pela CQFS-RS/SC (2016).

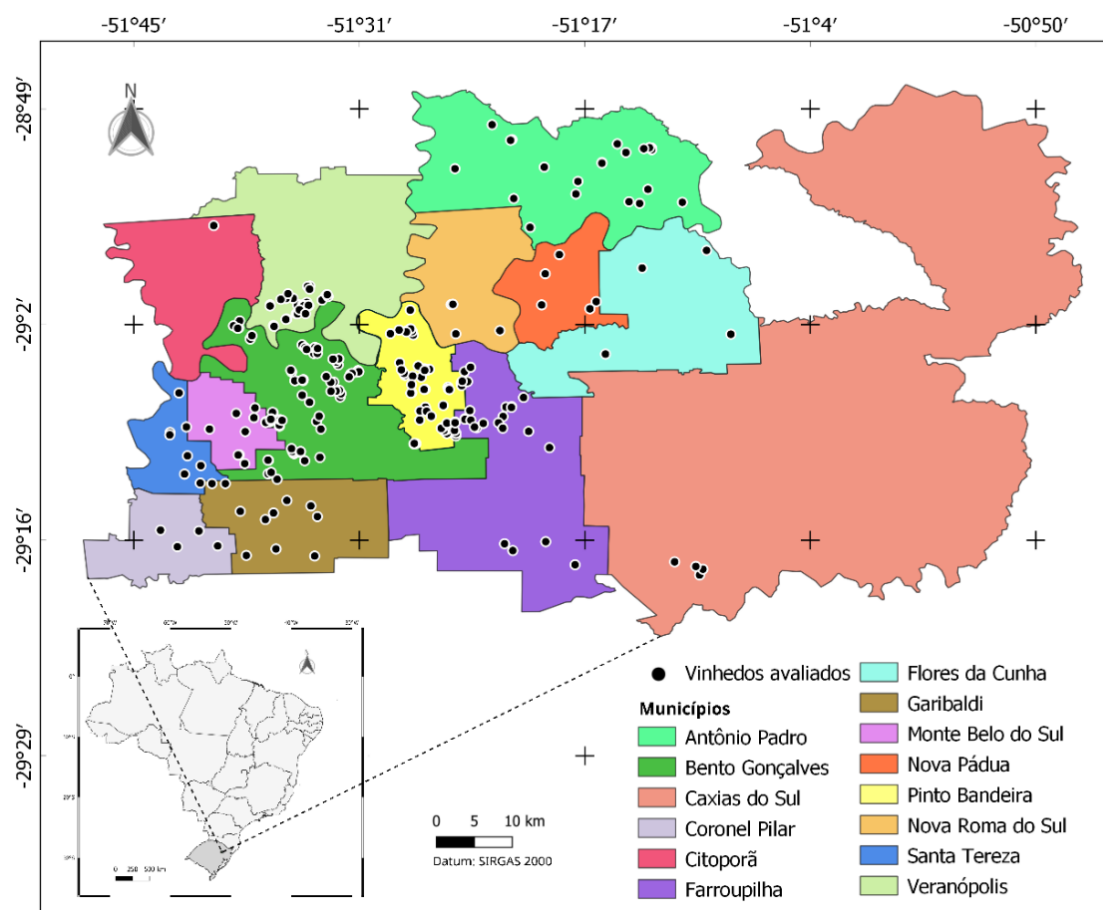


Figura 3 – Localização dos 500 vinhedos nos quais foram realizadas amostragens de solo, folhas e avaliação da produtividade de uva ao longo das safras 2021/22, 2022/23, 2023/24 e 2024/25 na Serra Gaúcha no estado do Rio Grande do Sul.

Para o desenvolvimento dos modelos de estimativa do NC e da FS as variáveis produtividade de uva e sólidos solúveis totais (SST) foram convertidas em rendimento relativo (%), em cada safra. Os modelos foram desenvolvidos por meio de regressão com platô para quantificar a relação entre as variáveis dependentes (produtividade e variáveis do mosto), com a concentração de nutrientes no solo e em folhas. A concentração crítica foi assumida como o ponto em que a linha ajustada alcança o platô, não demonstrando mais aumento de rendimento à medida que a concentração de nutriente possa aumentar.

Como proposição, apresentamos os NC e FS das concentrações de P, K, Ca, Mg, S, B e saturação por bases no solo para cultura da videira (Tabelas 6 e 7). O NC de P e K no solo são diferentes dos apresentados pela recomendação oficial da CQFS-RS/SC (2016), sendo os valores superiores. Isso se deve às características do banco de dados utilizado para gerar os valores de NC

do presente estudo, sendo este composto por 80% das amostras de solos com valores acima de 36 mg dm⁻³ de P (valor definido com MUITO ALTO – ver Tabela 2).

Tabela 6 – Níveis críticos (NC) de fósforo (P) e potássio (K) no solo para a videira, propostos pelo Projeto Solos Serra Gaúcha e comparados com a recomendação oficial da CQFS-RS/SC (2016)

Nutrientes no solo	Classes de argila e CTC _{pH7,0} ⁽¹⁾	Recomendação Serra Gaúcha	Recomendação CQFS-RS/SC (2016)
		Nível crítico - NC	
P (mg dm ⁻³)	Classe 1: > 60% argila	20	9,0
	Classe 2: 60 – 41% argila	30	12,0
	Classe 3: 40 – 21% argila	40	18,0
K (mg dm ⁻³)	CTC _{pH7,0} : 7,6 – 15,0 cmol _c dm ⁻³)	160	90,0
	CTC _{pH7,0} : 15,1 – 30 cmol _c dm ⁻³	210	120,0
	CTC _{pH7,0} : > 30 cmol _c dm ⁻³	235	135,0

⁽¹⁾Valores de classes de argila e CTC_{pH7,0} definidos de acordo com CQFS-RS/SC (2016).

Tabela 7 – Níveis críticos (NC) e faixas de suficiência (FS) de nutrientes (Ca, Mg, S, B, Mn e Zn) e saturação por Ca-Mg-K na camada de 0-20 cm de solo para cultura da videira na Serra Gaúcha em comparação com a recomendação oficial da CQFS-RS/SC (2016).

Nutrientes no solo	Recomendação Serra Gaúcha		Recomendação CQFS-RS/SC (2016)
	NC	FS	
Ca (cmol _c dm ⁻³)	5,0	3,5 – 6,5	> 4,0
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,5	1,0 – 2,0	> 1,0
S (mg dm ⁻³)	5,0	4,0 – 6,0	> 5,0
B (mg dm ⁻³)	1,0	0,5 – 1,5	> 0,3
Mn (mg dm ⁻³)	130	100 – 225	> 5,0
Zn (mg dm ⁻³)	30	15 – 40	> 0,5
Saturação de Ca-Mg-K (%)	68	60 – 75	Não definido

Em relação ao K, 36% dos solos dos vinhedos avaliados apresentaram concentrações acima da classe MUITO ALTO (> 210 mg dm⁻³, faixa de CTC entre 7,6 a 15,0 cmol_c dm⁻³ – ver Tabela 4). Adicionalmente, os valores do manual consideram produtividades de 25 t ha⁻¹, enquanto que

no banco de dados dos 500 vinhedos do presente boletim, 22% dos vinhedos apresentaram produtividade acima desse valor (média de 31 t ha⁻¹), chegando a valores de até 80 t ha⁻¹.

4.2 Níveis críticos e faixas de suficiência de nutrientes nas folhas da videira

Para a obtenção dos níveis críticos (NC) e faixas de suficiência (FS) dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) em folhas foi utilizado o banco de dados de folhas de videiras composto por 500 observações, derivadas de vinhedos avaliados nas safras 2021/22, 2022/23, 2023/24 e 2024/23 (Figura 3).

Folhas foram coletadas em três plantas por vinhedo, sendo dez folhas completas (limbo e pecíolo) por planta, no terço médio do ramo produtivo (primeira folha oposta ao cacho). As folhas foram coletadas nas quatro safras avaliadas, no pleno florescimento, das mesmas três plantas, previamente identificadas em cada vinhedo, para compor uma amostra. As folhas foram lavadas com água destilada e secas em estufa com circulação forçada de ar à 65°C até atingir massa constante. Posteriormente, foram moídas em moinho do tipo Wiley e passadas por peneira com malha de 1 mm e reservadas para análise.

As amostras de tecido vegetal foram submetidas a digestão sulfúrica de acordo com a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995). O N total foi obtido via destilação em destilador de arraste a vapor micro-kjeldhal. As determinações de P, K, Ca e Mg foram realizadas a partir de digestão nitroperclórica (3:1) (Embrapa, 2009). Os teores de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram determinados em espectrofotômetro de absorção atômica (Tedesco et al., 1995). O teor de P foi determinado pelo método descrito por Murphy & Riley (1962) e a leitura realizada em espectrofotômetro de absorção molecular, à 882 nm. O K foi determinado por espectrofotometria de chama. O S total foi determinado com BaCl₂-gelatina (Tedesco et al., 1995), sendo o teor de S determinado em espectrofotômetro de UV-visível. A determinação do B foi realizada em mufla, sendo o teor determinado em espectrofotômetro de UV-visível (Embrapa, 2000). Os teores dos nutrientes no tecido foliar foram expressos em g kg⁻¹ para macronutrientes e mg kg⁻¹ para micronutrientes.

Os valores de NC e FS de nutrientes no tecido foliar considerados adequados para cada elemento essencial foram estabelecidas com base na afinidade entre a produtividade relativa de uva e o teor do nutriente no tecido foliar, utilizando o método da Linha de Fronteira. Com base no banco de dados foram propostos os NC e FS de nitrogênio em folhas considerando a produtividade de uva e a variável sólidos solúveis totais (SST) por grupo de uvas tintas e uvas brancas (Tabela 8).

Tabela 8 – Níveis críticos (NC) e faixas de suficiência (FS) de nitrogênio (N) em folhas para cultura da videira, propostos para a Serra Gaúcha em relação as variáveis de produção e sólidos solúveis totais (SST) por grupos de uvas tintas e brancas

Nutriente na folha	Variável	Grupo de uva	Recomendação Serra Gaúcha	
			NC	FS
N (g kg ⁻¹) ⁽⁴⁾	Produção	Geral ⁽¹⁾	26	23 – 29
		Tinta ⁽²⁾	26	24 – 38
		Branca ⁽³⁾	30	28 – 32
	SST	Geral ⁽¹⁾	30	25 – 33
		Tinta	30	25 – 33
		Branca	31	28 – 34

⁽¹⁾ Valores definidos para os dois grupos de uvas;

⁽²⁾ Bordô, Pinot Noir, Isabel, ‘BRS Magna, Merlot;

⁽³⁾ Moscato Branco, BRS Lorena e Chardonnay;

⁽⁴⁾ Concentração de N em folhas inteiras, com pecíolo, coletada durante o florescimento.

Isso foi realizado apenas para o N em decorrência do efeito da adubação nitrogenada no vigor e na produtividade da videira, o que foi evidenciado pela diferença observada nas curvas de produtividade e SST, em função da variação dos teores de N foliar entre as variedades tintas e brancas. A adoção dos valores de NC e FS em função da produtividade de uva tem por objetivo atingir maiores produtividades, porém, a uva terá menor qualidade, com redução dos valores de SST (Stefanello et al., 2021; Brunetto et al., 2025). Assim, quando o objetivo for produzir uvas de maior qualidade – maior concentração de SST, recomenda-se a adoção dos valores de NC e FS definidos para SST.

Os valores de NC e FS adequados para os macronutrientes (P, K, Ca, Mg, S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn) para as videiras ‘Bordô’, ‘Pinot Noir’, ‘Isabel’, ‘BRS Magna’, ‘BRS Lorena’, ‘Merlot’, ‘Moscato Branco’ e ‘Chardonnay’ são apresentadas nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 9 – Níveis críticos (NC) e faixas de suficiência (FS) de macronutrientes em folhas para cultura da videira, propostos para Serra Gaúcha e comparação com a recomendação oficial da CQFS-RS/SC (2016)

Nutrientes na folha ⁽¹⁾	Recomendação Serra Gaúcha		Recomendação CQFS-RS/SC (2016)
	NC	FS	
P (g kg ⁻¹)	2,5	2,0 – 3,0	1,2 – 4,0
K (g kg ⁻¹)	10,0	8,0 – 12,0	8,0 – 16,0
Ca (g kg ⁻¹)	15,5	12,5 – 17,5	16,0 – 24,0
Mg (g kg ⁻¹)	3,0	2,5 – 3,5	2,0 – 6,0
S (g kg ⁻¹)	2,0	1,5 – 2,5	Não definido

⁽¹⁾ Concentração de nutrientes em folhas inteiras, com pecíolo, coletada durante o florescimento.

Os valores de NC e FS propostos para a Serra Gaúcha para alguns nutrientes (N, P, Mg, por exemplo) foram mais elevados que aqueles indicados pela CQFS-RS/SC (2016). Isso se deve a valores mais elevados de produtividade de nosso banco de dados (média = 31 t ha⁻¹ e mediana = 28 t ha⁻¹), enquanto a CQFS-RS/SC (2016) prevê produtividades de até 25 t ha⁻¹. Além disso, de maneira geral, o intervalo da FS propostos é mais estreito, o que torna a interpretação mais fácil e a recomendação mais assertiva. Isso pode ser observado para o P nas folhas de videiras, cuja FS proposta tem intervalo de apenas 1 g kg⁻¹, ou 0,1%.

Tabela 10 – Níveis críticos (NC) e faixas de suficiência (FS) de micronutrientes em folhas para cultura da videira, propostos para Serra Gaúcha e comparação com a recomendação oficial da CQFS-RS/SC (2016)

Nutrientes na folha ⁽¹⁾	Recomendação Serra Gaúcha		Recomendação CQFS-RS/SC (2016)
	NC	FS	
B (mg kg ⁻¹)	35	25 – 45	30 – 60
Cu (mg kg ⁻¹)	15	8 – 22	Não definido
Fe (mg kg ⁻¹)	90	70 – 110	60 – 150
Mn (mg kg ⁻¹)	300	250 – 350	30 – 300
Zn (mg kg ⁻¹)	80	60 – 100	25 – 60

⁽¹⁾ Concentração de nutrientes em folhas inteiras, com pecíolo, coletada durante o florescimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento sobre a recomendação das doses de calcário, P_2O_5 e K_2O para a correção da acidez e adubação do solo podem ser usados para todos os sistemas de cultivos e culturas da Serra Gaúcha. Por outro lado, os valores de níveis críticos e faixas de suficiência de nutrientes em solo e folhas são exclusivos para a videira cultivada na Serra Gaúcha.

As recomendações apresentadas permitirão corrigir a acidez do solo, melhorar a qualidade dos solos e sua fertilidade de forma mais assertiva. Além disso, contribuirão para o aumento da produtividade de uva, sem depreciar valores enológicos no mosto, que contribuem na definição da qualidade de produtos derivados da uva como vinhos, sucos e espumantes.

Todas as recomendações apresentadas no presente material devem ser interpretadas por um técnico que assiste o viticultor. Sugere-se que os técnicos e viticultores monitorem os efeitos das recomendações deste Boletim no solo e nas videiras, através da análise de solo, da análise foliar e da produtividade da cultura. Sempre que possível, é importantíssimo que retornem essas informações obtidas a partir das observações para os pesquisadores proponentes do presente material, no sentido de aperfeiçoar futuras recomendações de calagem e adubação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, J.A. Solos das pradarias mistas do sul do Brasil. In: CURI, N. et al. Pedologia: Solos dos Biomas Brasileiros. 1.ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017. cap.9, p.353-406.
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.D.M., Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorol. Zeitschrift 22, 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Andrade, C.B., Moura-Bueno, J.M., Comin, J.J., Brunetto, G., 2023. Grape yield prediction models: Approaching different Machine Learning algorithms. Horticulturae 9, 1–18. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9121294>
- Ayres, G., Brunetto, G., Simões, F., Rozane, D. E., Moura-Bueno, J. M., Pasquetti Berghetti, Á. L., Hindersmann, J., Brunetto, G. Proposition of critical levels and nutrient sufficiency ranges in leaves of 'White Moscato' (*Vitis vinifera* 'Muscat') and 'Bordeaux' (*Vitis labrusca* 'Ives'). Vitis, 62(3), 2023. <https://doi.org/10.5073/vitis.2023.62.125-135>
- Brasil - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Secretaria de Defesa Agropecuária - D.O.U., 12/07/2006 - Seção 1 - Instrução Normativa nº 35, de 4 de julho de 2006.
- 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. *Cienc. Rural* 49, 1–5. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180350>
- Brunetto, G., Tassinari, A., Welter, P. D., Palermo, N. M., Moura-Bueno, J. M., Paese, B. T., Loss, A. 3ª Aproximação: Recomendação de Calagem e adubação em vinhedos na Campanha Gaúcha do Rio Grande do Sul. Boletim técnico – Florianópolis: UFSC, 2025. 25 p. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/269261>
- Brunetto, G.; Natale, W.; Moura-Bueno, J. M. Reflexões sobre a calagem e a adubação de implantação (ou pré-plantio) em pomares de frutíferas. Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria. Informe Técnico, 2023, n. 98. 4p.
- 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 como estratégia para racionalizar a fertilização In: Tópicos em Ciência do Solo XII, ed.1. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2023, v.12, p. 205 - 237.
- Chaudhari, D., Vista, S.P., Ghimire, P., Devkota, C., 2019. Influence of agricultural lime in alleviating acidity level of various acid soils. *World J. Agric. Soil Sci.* 3, 1–6. <https://doi.org/10.33552/wjass.2019.03.000565>
- Conab - Companhia Nacional de Abastecimento. 2022. Preços Agropecuários. Relatório de Insumos Agropecuários. Available in: <https://www.conab.gov.br/info-agro/precos>. Accessed in March 11, 2022.
- CQFS-RS/SC, 2016. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 11º. ed.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. rev. ampl. Embrapa Informação Tecnológica: Brasília, 627p, 2009.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Métodos de Análise de Tecidos Vegetais Utilizados na Embrapa Solos. Circular técnica nº 6. Embrapa Solos: Rio de Janeiro, 41p, 2000.
- Flores, C. A., Pötter, R. O., Sarmiento, E. C., Weber, E. J., & Hasenack, H. (2012). Os solos do Vale dos Vinhedos. Brasília: Embrapa, 176p., 2.
- Grando, D. L., Deponti, L. P., Lima-Rodrigues, M., Martins, C. G., Natale, W., Schmitt, D. E., Siqueira, G. N., Palermo, N. M., Kaminski, J., Brunetto, G. Potential acidity determination for soils with high soil organic matter. *Rev. Bras. Ciência do Solo* 49. vol:V49, iss:2025,

2025a.

- Grando, D. L., Lima-Rodrigues, M., Martins, C. G., Deponti, L. P., Schmitt, D. E., Mumbach, G. L., Tassinari, A., Moura-Bueno, J. M., Marques, A. L. L., Brunetto, G. Phosphorus buffer capacity to soils with medium clay and high organic matter content from Southern Brazil. *Rev. Bras. Cienc. do Solo* 49. vol:V49, iss:Special. 2025b.
- Grando, D. L., Martins, C. G., Deponti, L. P., Lima-Rodrigues, M., Mumbach, G. L., Schmitt, D. E., Moterle, D. F., Tiecher, T. L., Garlet, L. P., Dunker, L. S., Papalia, D. G., Brunetto, G. Potassium buffer capacity in subtropical soils with high organic matter content. *Rev. Bras. Cienc. do Solo* 49. Aceito (18-Mar-2025). 2025c.
- Grando, D. L., Natale, W., Rodrigues, M. D. L., Martins, C. G., Deponti, L. P., Schmitt, D. E., Bonafé, M., Rotava, F. J., Panisson, J., Milesi, J., Fugalli, M., Loss, A., Brunetto, G. Primeira aproximação de recomendação de calagem e adubação para solos da Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul. *Boletim técnico*. 2025d. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/264118>
- Hahn, L., Basso, C., Moura-bueno, J.M., Argenta, L.C., Toselli, M., Carranca, C., Rech, M., Hahn, I.S., Brunetto, G., 2023. Yield prediction models for ‘Royal Gala ’and ‘Fuji Suprema ’apple varieties cultivated under a subtropical climate. *Agronomy* 13, 1–15. <https://doi.org/doi.org/10.3390/agronomy13020514>
- Kaminski, J., Gatiboni, I. C., Rheinheimer, D. S., Martins, J. R., Santos, E. J.S., Tissot, C. A., 2002. Estimativa da acidez potencial em solos e sua implicação no cálculo da necessidade de calcário. *Rev. Bras. Cienc. do Solo* 26, 1107–1113. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000400029>
- Liu, M., Kissel, D.E., Cabrera, M.L., Vendrell, P.F., 2005. Soil lime requirement by direct titration with a single addition of calcium hydroxide. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69, 522–530. <https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0522>
- Liu, M., Kissel, D.E., Vendrell, P.F., Cabrera, M.L., 2004. Soil lime requirement by direct titration with calcium hydroxide. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68, 1228–1233. <https://doi.org/https://doi.org/10.2136/sssaj2004.1228>
- Miotto, A., Tiecher, T., Kaminski, J., Brunetto, G., De Conti, L., Tiecher, T.L., Martins, A.P., Rheinheimer dos Santos, D., 2020. Soil acidity and aluminum speciation affected by liming in the conversion of a natural pasture from the Brazilian Campos Biome into no-tillage system for grain production. *Arch. Agron. Soil Sci.* 66, 138–151. <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1605164>

- Mumbach, G.L., Gatiboni, L.C., Dall’Orsoletta, D.J., Schmitt, D.E., Grando, D.L., Souza Junior, A.A. de, Brignoli, F.M., Iochims, D.A., 2021. Refining phosphorus fertilizer recommendations based on buffering capacity of soils from southern Brazil. *Rev. Bras. Ciência do Solo* 45, 1–17. <https://doi.org/10.36783/18069657rbc20200113>
- Natale, W.; Rozane, D. E. *Análise de solo, folhas e adubação de frutíferas*. 1º ed. Registro: UNESP, Câmpus de Registro, 2018, 124p.
- Pedron, F, Dalmolin, R.S.D. Solos arenosos do Bioma Pampa brasileiro. In: Pedron, F, Dalmolin, RSD, Flores, CA. *Gênese e morfologia dos solos arenosos do Bioma Pampa brasileiro*. Santa Maria, RS: Ed. UFSM, 2019. cap.2, p.51-95.
- Quiroga, M.J., Olego, M.Á., Sánchez-García, M., Medina, J.E., Visconti, F., Coque, J.J.R., Jimeno, J.E.G., 2017. Effects of liming on soil properties, leaf tissue cation composition and grape yield in a moderately acid vineyard soil. Influence on must and wine quality. *Oeno One* 51, 342–362.
- Santos, R.D. dos et al. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 7 ed. rev. ampl. Viçosa, MG: Sociedade de Brasileira de Ciência de Solo, 2015. 101p.
- Sarmiento, E.C., Flores, C.A., Weber, E., Hasenack, H., Oscar, P.R., Giasson, E., 2012. Contribution of soil for tipifying wines in four geographical indications at Serra Gaúcha, Brazil. *IX Int. Terroir Congr.* 8–11.
- Sarmiento, E.C., Weber, E., Hasenack, H., Tonietto, J., Mandelli, F., 2006. Topographic modeling with GIS at Serra Gaúcha, Brazil: elements to study viticultural terroir. *VI Int. Terroir Congr.* 365–372.
- Schlindwein, J.A., Bortolon, L., Fioreli-Pereira, E.C., Oliveira Bortolon, E.S., Gianello, C., 2013. Phosphorus and potassium fertilization in no till southern Brazilian soils. *Agric. Sci.* 04, 39–49. <https://doi.org/10.4236/as.2013.412a004>
- SEAPDR, 2023. *Radiografia Agropecuária Gaúcha 2023*. Secr. Agric. Pecuária e Desenvolv. Rural RS 43. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202309/14115058-rag-2023-ebook-2-14-09.pdf>
- SEAPDR, 2024. *Radiografia da Agropecuária Gaúcha 2024*. Secr. Agric. Pecuária e Desenvolv. Rural RS 43. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202408/26113434-rag-2024-22-08-24-final-cap-a-Atualizada.pdf>
- Stefanello, L. O., Tassinari, A., Schwalbert, R., Schwalbert, R. A., Hindersmann, J., Moura-

Bueno, J. M., Brunetto, G. Critical levels of nitrogen in leaves of grapevine grown on sandy soils in southern Brazil using Bayesian models. In IX International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops, 2021, 1333, pp. 153-160.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1333.20>

Tedesco, M. J. et al. Análise do solo, planta e outros materiais. UFRGS, Porto Alegre, 1995.

Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., Teixeira, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 2017. 3ed., rev. e amplip.). Brasília, DF: Embrapa. 574 p.

Toledo, J. dos 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. Inf. Técnico (Centro Ciências Rurais-UFSM) 6126, 4.



Realização:



SECRETARIA DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA,
PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL
E IRRIGAÇÃO



GOVERNO
DO ESTADO
**RIO
GRANDE
DO SUL**



Termo de Colaboração - FPE nº 4837/2022

Fundação para o Desenvolvimento de Bauru

Apoio:

